



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑨⑦ **EP 0 806 990 B 1**

⑩ **DE 695 21 531 T 2**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 05 D 1/26**  
B 05 D 1/30  
B 05 C 5/00

②① Deutsches Aktenzeichen: 695 21 531.0  
⑨⑥ PCT-Aktenzeichen: PCT/US95/14879  
⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 95 941 399.8  
⑨⑦ PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 96/23595  
⑨⑥ PCT-Anmeldetag: 15. 11. 1995  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: 8. 8. 1996  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 19. 11. 1997  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 27. 6. 2001  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 6. 6. 2002

③⑩ Unionspriorität:  
382962 02. 02. 1995 US  
  
⑦③ Patentinhaber:  
Minnesota Mining and Mfg. Co., St. Paul, Minn., US  
  
⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,  
50667 Köln  
  
①⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, ES, FR, GB, IE, IT, NL

⑦② Erfinder:  
MELANCON, C., Kurt, Saint Paul, US; KESSEL, R.,  
Carl, Saint Paul, US; LEONARD, K., William, Saint  
Paul, US

⑤④ **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESCHICHTEN MIT EINER DÜNNEN FLÜSSIGEN BESCHICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 695 21 531 T 2**

**DE 695 21 531 T 2**

Hi/Dt

Die vorliegende Erfindung betrifft Beschichtungsvorgänge. Insbesondere be-  
trifft die vorliegende Erfindung das Zubereiten und Auftragen dünner und ul-  
5 tradünner Beschichtungen.

Das Beschichten ist ein Vorgang, in dem das Gas, das ein Substrat kontaktiert,  
bei dem es sich üblicherweise um eine feste Fläche wie etwa eine Bahn han-  
delt, durch eine Schicht aus Fluid ersetzt wird. Manchmal werden mehrere La-  
10 gen einer Beschichtung aufeinander aufgetragen. Nachdem eine Beschichtung  
aufgetragen worden ist, kann diese in Form eines Fluids verbleiben, wie z.B.  
beim Auftragen eines Schmieröls auf Metall bei der Metallspulenverarbeitung  
oder beim Auftragen chemischer Reaktanten zum Aktivieren oder chemischen  
Transformieren einer Substratoberfläche. Alternativ kann die Beschichtung  
15 getrocknet werden, falls sie ein flüchtiges Fluid enthält, das eine feste Be-  
schichtung wie z.B. Farbe zurücklässt, oder sie kann gehärtet oder in anderer  
Weise verfestigt werden, um eine funktionale Beschichtung wie z.B. eine kle-  
bekraftabweisende Beschichtung zu bilden, an dem ein Haftkleber nicht ag-  
gressiv anhaftet.

20 Verfahren zum Auftragen von Beschichtungen sind beschrieben in Cohen, E.D.  
und Gutoff, E.B., *Modern Coating and Drying Technology*, VCH Publishers, New  
York 1992, und Satas, D., *Web Processing and Converting Technology and  
Equipment*, Van Nostrand Reinhold Publishing Co., New York 1984. In zahlrei-  
25 chen Situationen ist es wünschenswert und erforderlich, ultradünne Schichten  
aufzutragen, deren Dicke nicht größer als 5 Mikron ist.

Unter den zum Auftragen kontinuierlicher Fluidbeschichtungen bekannten Be-  
schichtungsverfahren (z.B. Rollen-, Vorhang-, Spalt-, Luftmesser-, Gleit- und  
30 Tiefdruckbeschichten) ist außer den Wasserexpansionstechniken keines dazu  
geeignet, Nassbeschichtungen mit einer Dicke unterhalb etwa 0,1 Mikron auf-  
zutragen. Um mit diesen Verfahren kleinere Abschluss-Trockendicken zu errei-

- chen, muss die Beschichtung mit einem Lösungsmittel verdünnt werden, das durch Verdunsten entfernt werden kann, um die weniger als etwa 0,1 Mikron betragende gewünschte Beschichtung zurückzulassen. Dies erhöht die Kosten, da zusätzliche Aufwendungen für das Verdünnungsmittel, Aufwendungen für
- 5 das Zubereiten des verdünnten Beschichtungsfluids und Aufwendungen für das Entfernen des Verdünnungsmittels (z.B. durch Trocknen) erforderlich werden. Zudem ist das erforderliche Lösungsmittel oft gefährlich für die Umgebung und das Produktionspersonal.
- 10 Zu den Verfahren zum diskontinuierlichen Auftragen ultradünner Beschichtungen in molekülweiser oder tropfenweiser Form zählen das Kondensieren aus einer Dampfphase und der Elektrospray-Vorgang gemäß der Beschreibung in US-A-4,748,043. Es können jedoch nur wenige kommerziell interessante Fluid-
- 15 beschichtungen erfolgreich verdampft werden, und bei dem Elektrospray-Verfahren ist hinsichtlich der Viskosität und der elektrischen Eigenschaften des Beschichtungsfluids auf einen engen Bereich beschränkt.
- Für Dicken von mehr als 0,1 Mikron können Mehrfachrollen- oder Übertra-
- 20 gungsrollen-Beschichtungsvorrichtungen verwendet werden. Zu den typischen handelsüblichen Apparaturen zählt u.a. die Fünf-Rollen-Beschichtungsvorrichtung, die von der Bachhofen & Meier AG in Bulach, Deutschland, vertrieben wird. Dieser Typ von Beschichtungsvorrichtungen ist aufgrund seiner zahlreichen angetriebenen Rollen kostenaufwendig in der Anschaffung und der War-
- 25 tung. Jeder Defekt an der Oberfläche der Rollen erzeugt normalerweise einen wiederholten Defekt in der Beschichtung. Zudem waren diese Beschichtungs-vorrichtung nicht erfolgreich beim Auftragen von Nassbeschichtungen im Be-
- 30 reich von 0,005 bis 0,1 Mikron.
- EP-A-0 329 802 beschreibt ein Verfahren zum mehrlagigen Beschichten auf Trägermaterialien, bei dem die flüssigen Beschichtungen gleichzeitig auf die sich bewegende Bahn aufgetragen werden.

Wasserexpansionstechniken wurden erstmals verwendet mit dem Langmuir-Blodgett-Verfahren des Erzeugens und Auftragens monomolekularer Filme, wie von Blodgett im Journal of the American Chemical Society (Vol. 57, 1007, 1935) beschrieben. Bei diesem Verfahren ist das Gießen einer Verdünnungslösungsmittellösung eines filmbildenden organischen Moleküls auf eine ruhende Wasseroberfläche vorgesehen. Die Lösung breitet sich aus und bildet dabei einen dünnen Film an dem Wasser-Luft-Interface. Das Lösungsmittel verdunstet, wobei es eine Monoschicht filmbildender Moleküle zurücklässt. Der Film wird dann auf die Oberfläche eines Substrats aufgetragen, indem das Substrat durch die Wasseroberfläche geführt wird, auf der der monomolekulare Schicht-Film treibt. US-A-4,093,757 beschreibt das Bilden eines kontinuierlichen monomolekularen Auftrags auf einem kontinuierlichen Substrat. Die Japanische Patentanmeldung 63-327260 beschreibt eine Verbesserung der Langmuir-Blodgett - Monomolekular-Technologie, bei der Filme mit einer Dicke, die größer ist als eine monomolekulare Schicht, auf ein kontinuierliches Substrat aufgetragen werden, um eine ultradünne Filmbeschichtung mit Dicken von 0,005 bis 5 Mikron zu bilden.

Obwohl mit der Wasseroberflächenexpansionstechnik brauchbare Beschichtungen auf Substraten aufgetragen werden können, ist es erforderlich, dass sich das Beschichtungsfluid spontan und schnell an dem Wasser-Luft-Interface ausbreitet. Um dies für zahlreiche Beschichtungsformulierungen zu ermöglichen, müssen zusätzliche Lösungsmittel oder oberflächenaktive Mittel gefunden und hinzugefügt werden. Zudem ist die maximale Beschichtungsrate durch die Rate des Ausbreitens beschränkt. Ferner ist die Geschwindigkeit des Beschichtens des Substrats aufgrund anderer Probleme beschränkt. Es wird berichtet, dass bei mäßigen Geschwindigkeiten von 10 bis 50 m/Minute eine Tendenz besteht, dass sich Luftblasen zwischen dem Film und dem Substrat festsetzen. Wasserexpansionstechniken beruhen darauf, dass die Beschichtung einem ruhenden Wasserbecken entnommen wird, indem das Substrat durch die Wasseroberfläche geführt wird oder das Substrat in Kontakt mit der Wasseroberfläche gebracht wird. Oft muss eine Verdunstung des Lösungsmittels



auftreten, um einen festen oder nahezu festen Oberflächenfilm zu bilden, damit eine direkte Übertragung der Beschichtung auf das Substrat ermöglicht wird. Ferner ist die Oberfläche des Beckens einer Verschmutzung ausgesetzt, die mit der Zeit zunehmen kann, so dass die Qualität der Beschichtung reduziert wird. Die Wasserexpansionstechnik gilt nicht als geeignet zur Verwendung mit mischbaren Beschichtungsfluida und wasserlöslichen oder dispergierbaren Beschichtungs-Bestandteilen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beschichten eines Substrats mit einer Schicht zu schaffen, das zuverlässiger ist und das auch für sehr dünne Beschichtungsfluidschichten geeignet ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 17 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

Mit der Vorrichtung und dem Verfahren gemäß dieser Erfindung werden ultradünne Flüssigkeitsfilme auf Substrate aufgetragen. Gemäß der Erfindung wird das Substrat entlang eines Wegs durch eine Beschichtungsstation bewegt, es werden mehrere strömende Fluidschichten gebildet, und die Schichten werden strömend in gegenseitigen Kontakt gebracht, um eine Composite-Schicht zu bilden. Die Composite-Schicht enthält ein Beschichtungsfluid und ein Trägerfluid. Die Composite-Schicht strömt mit einer Rate, die hinreichend hoch ist, um über die Beschichtungsbreite hinweg eine kontinuierliche strömende Fluidbrücke der Composite-Schicht zu der Substrat-Oberfläche zu bilden. Die strömende Composite-Schicht kontaktiert das Substrat, um die Beschichtungslage zwischen dem Substrat und dem Trägerfluid anzuordnen. Das Trägerfluid wird mechanisch mindestens teilweise entfernt, während das Beschichtungsfluid als eine Beschichtungslage auf dem Substrat belassen wird. Mit dieser Erfindung können auch Beschichtungen aufgetragen werden, deren Nass-Dickenbemessungen den ultradünnen Bereich überschreiten. In der Composi-

te-Schicht können mischbare und nichtmischbare Kombinationen von Beschichtungs- und Trägerfluida verwendet werden.

Das Substrat durchläuft die Beschichtungsstation mit Geschwindigkeiten von  
5 bis zu 2000 m/Minute. In dem Ausbildungs-Schritt können eine Gleit-Beschichtungs-  
vorrichtung, eine Vorhang-Beschichtungs-  
vorrichtung, eine Extrusions-Beschichtungs-  
vorrichtung, eine Spalt-Beschichtungs-  
vorrichtung, eine Messer-Beschichtungs-  
vorrichtung, eine Strahl-Beschichtungs-  
vorrichtung, eine Rollen-Beschichtungs-  
vorrichtung oder andere Beschichtungs-  
10 vorrichtungen verwendet werden, von denen viele von Cohen und Gutoff beschrieben werden.  
Die Trägervorrichtung kann durch Manipulation, Saugen, Abzug unter Schwerkraft-  
einwirkung, Blasen, zentrifugales Entfernen, Verdunstung, Verwendung  
elektrischer oder magnetischer Felder, Verfestigen oder Gelieren der Beschich-  
tung oder des Trägers, gefolgt von mechanischem Abnehmen, Absorption,  
15 oder durch eine Kombination beliebiger dieser Verfahren entfernt werden. Ferner  
kann die Verbundschicht auf einer Transferfläche wie z.B. einer Rolle oder  
einem Band abgelegt werden, bevor sie das Substrat kontaktiert. Das  
Trägerfluid kann von der Transferfläche entfernt werden, und zwar derart,  
dass nur das Beschichtungsfluid von der Transferfläche auf das Substrat  
20 übertragen wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen detaillierter beschrieben.

25 Fig. 1 zeigt eine detaillierte Ansicht einer Gleitvorhang-Beschichtungs-  
Auslassvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht einer Strahl-Beschichtungs-  
vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

30

Fug. 3 zeigt eine schematische Ansicht einer bekannten Spaltform-Beschich-  
tungs-  
vorrichtung.

Fig. 4 zeigt eine schematische Ansicht einer vereinfachten Vorhang-Beschichtungs-  
vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorlie-  
genden Erfindung.

5

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der  
vorliegenden Erfindung, bei der eine Übertragungsrolle verwendet  
wird, wobei das Trägerfluid vor der Übertragung des Beschichtungs-  
fluids auf die Bahn entfernt wird.

10

Fig. 6 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der  
vorliegenden Erfindung, bei der eine Übertragungsrolle verwendet  
wird, um die Träger- und Beschichtungsfluida auf die Bahn zu übertra-  
gen.

15

Fig. 7 zeigt eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der  
vorliegenden Erfindung, bei der eine Messer-über-Rollen-Vorrichtung in  
Kombination mit einem Auslassvorrichtungs-Applikator für das Be-  
schichtungsfluid verwendet wird.

20

Gemäß dieser Erfindung wird ein fließender Composite-Schicht-Fluidstrom aus  
Trägerfluid und Beschichtungsfluid erzeugt und auf die Oberfläche eines Sub-  
strats wie z.B. einer Bahn aufgetragen. Das Auftragen erfolgt, während sich  
die Bahn durch die Beschichtungsstation bewegt, und zwar derart, dass die  
Fluid-Composite-Schicht zuerst die Bahn-Oberfläche kontaktiert, wobei sich  
das Träger-Fluid an dem Luft-Interface an der Bahn befindet und das Be-  
schichtungsfluid sich zwischen der Bahn und dem Trägerfluid befindet. Das  
Trägerfluid wird entfernt, um eine dünne oder ultradünne Beschichtungsfluid-  
schicht zu belassen.

30

Das Substrat kann jedes beliebige Substrat sein und z.B. in Form einer fortlau-  
fenden Bahn, diskreter Bahnen oder fester Stückeile oder eines Arrays von

Stücken oder Teilen vorgesehen sein, die durch die Beschichtungsstation transportiert werden. Das Beschichtungsfluid kann mit mittleren Dicken aufgetragen werden, die ultradünn sind und im dabei im Bereich von 0,005 und 5 Mikron liegen. Ferner können Fluids auf Substrate mit Dicken aufgetragen werden, die über dem ultradünnen Bereich liegen, einschließlich 100 Mikron oder mehr.

Fig. 1 zeigt eine Beschichtungsstation, die mit einer Vorrichtung zum Beschichten mit Geschwindigkeiten von 1 bis 2000 m/Minute versehen ist. Eine Beschichtungs-Auslassvorrichtung 10, die als Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gezeigt ist, weist einen inneren Hohlraum 12 auf. Der innere Hohlraum 12 ist mittels einer Dosierpumpe 16 durch ein Filter 18 und eine Blasen-Abfangvorrichtung 20 mit einem Tank 14 verbunden. Die Auslassvorrichtung 10 weist ferner einen Innenhohlraum 22 auf, der mittels einer Präzisionsdosierungspumpe 26 durch einen Puffertank 27, ein Filter 28 und einen Strömungsmesser 29 mit einem abgedichteten Vakuumtank 24 verbunden ist. An der Auslassvorrichtung 10 ist eine Beschichtungsstation angeordnet. Eine fortlaufende Bahn 32 wird durch die Beschichtungsstation bewegt und passiert die Auslassvorrichtung 10, die quer zu der Bahn angeordnet ist.

Beschichtungsfluid 34 wird mittels der Dosierpumpe 16 mit einer präzise gesteuerten Rate aus dem Tank 14 durch das Filter 18 und die Blasen-Abfangvorrichtung 20 in den Innenhohlraum 12 der Beschichtungs-Auslassvorrichtung 10 gepumpt. Trägerfluid wird kontinuierlich aus einer (nicht gezeigten) Quelle über ein Fluidsteuerventil 23 und einen Strömungsmesser 25 in den Vakuumtank 24 eingeleitet. Der Tank 24 ist mit einer Vakuumquelle verbunden, die nicht gezeigt ist. Für ultradünne Beschichtungen ist die Strömungsrate des Trägerfluids sehr viel größer als diejenige des Beschichtungsfluids.

Die Innenhöhlräume 12 und 22 verteilen das Beschichtungsfluid 34 und das Trägerfluid 36 durch Verteilungsspalte 42,44 über die Breite der Auslassvor-



richtung 10 und auf die Auslassvorrichtungs-Flächen 38,40. Die Composite-Schicht wird durch kontinuierliches bemessenes Zuführen der jeweiligen Fluids durch jeweilige Öffnungen der Spalte gebildet. Das Beschichtungsfluid 34 strömt an dem Ausgang des Spalts 44 auf die Oberseite des Trägerfluids 36 und strömt dann in Flächenkontakt auf der Oberseite des Trägerfluids an der schrägen Auslassvorrichtungs-Fläche 40 herunter zu der Auslassvorrichtungs-Lippe 46. Von der Lippe 46 fällt der Composite-Schicht-Film in einem Vorhang 48 unter Schwerkrafteinwirkung abwärts, um die Bahn 32 zu kontaktieren. Die Bahn 32 wird durch die Beschichtungsstation bewegt und passiert die Auslassvorrichtung 10, so dass, wenn der mehrschichtige Vorhang 48 die Bahn 32 kontaktiert, das Beschichtungsfluid sich an der Bahn-Oberfläche befindet und zwischen der Bahn und dem Trägerfluid angeordnet ist. Das Beschichtungsfluid 34 kontaktiert die Bahn. An dem Kontaktpunkt ist eine Composite-Schicht aus Beschichtungsfluid und Trägerfluid auf die Bahn aufgetragen worden.

Die Composite-Schicht strömt mit einer Rate, die hinreichend hoch ist, um über die Beschichtungs-Breite hinweg eine strömende, ununterbrochene Fluid-Brücke der Composite-Schicht von der Lippe 46 zu der Bahn-Oberfläche zu bilden. Die Strömungsrate des Beschichtungsfluids allein braucht nicht für das Bilden einer kontinuierlichen strömenden Fluid-Brücke ausreichend zu sein. Unabhängig davon, ob das Beschichtungsfluid kontinuierlich ist, muss das Trägerfluid kontinuierlich sein. Die Fluid-Brücke weist zwei distinkte Fluid-Gas-Interfaces auf: das Interface zwischen Beschichtungsfluid und Luft und das Interface zwischen Trägerfluid und Luft. Es können auch andere Gase als Luft verwendet werden, solange sie den Beschichtungsprozess nicht behindern.

Bei dem Trägerfluid handelt es sich um eine distinkte Zusammensetzung, die sich von dem Beschichtungsfluid unterscheidet. Das Trägerfluid funktioniert derart, dass es zwischen der Auslassvorrichtung und der Bahn eine Brücke bildet, auf der sich das Beschichtungsfluid bewegen kann, um das Beschichtungsfluid zu der Bahn zu bewegen und um das Erzeugen einer dünnen Beschichtungsfluid-Schicht zu erleichtern, bevor das Beschichtungsfluid die Bahn

kontaktiert. Es kann Komponenten, die in das Beschichtungsfluid diffundieren, oder feste Materialien enthalten, die mittels eines beliebigen Mechanismus auf dem Beschichtungsfluid verbleiben, nachdem das Trägerfluid von der Bahn entfernt worden ist. Das Trägerfluid kann in Form von Leitungswasser oder  
5 anderer Fluids vorgesehen sein. Die Eigenschaften des Beschichtungsfluids und des Trägerfluids bewirken, dass das Beschichtungsfluid auf das Trägerfluid strömt, um einen kontinuierlichen Oberflächenfilm zu bilden, und zudem, wo es gewünscht ist, vor dem Erreichen der Bahn. Nachdem das Trägerfluid das Beschichtungsfluid zu der Bahn transportiert hat und nachdem die Composite-  
10 Schicht auf die Bahn aufgetragen worden ist, wird das Trägerfluid entfernt. Es braucht nicht das gesamte Trägerfluid entfernt zu werden, solange die Reste nicht die gewünschten Merkmale der Bahn beeinträchtigen.

Um eine gute Beschichtungsgleichförmigkeit auf der Bahn zu erzielen, werden  
15 die Trägerfluid-Strömungsrate, die Vorhang-Höhe "h" und der Vorhang-Auftreffwinkel "a" entsprechend gewählt und eingestellt, wenn die Bahngeschwindigkeit geändert wird. Die Vorhang-Höhe "h" ist der Abstand zwischen der Auslassvorrichtung-Lippe 46 und der Bahn 32 entlang dem Weg des Trägerfluid-Vorhangs 48. Dieser Weg braucht nicht vertikal zu sein. Unter dem  
20 Einfluss von Oberflächenspannungskräften, viskosen Traktionskräften oder magnetischen Kräften kann der Weg gekrümmt werden oder mit einem Winkel nahe der Horizontalen verlaufen, besonders wenn der Spalt von der Auslassvorrichtung zu der Bahn sehr klein ist. Bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten ist es oft erforderlich, eine kleine Vorhang-Höhe (weniger als 1 cm), eine nahe  
25 null liegenden Auftreff-Winkel und eine minimale Träger-Strömungsrate zu wählen, um einen kontinuierlichen, störungsfreien Vorhang 48 zwischen der Lippe 46 und der Bahn 32 zu erzielen. Der Vorhang 48 muss die Bahn kontaktieren, so dass das Beschichtungsfluid die Bahn-Geschwindigkeit annimmt und das Beschichtungsfluid von der Bahn erfasst wird und von dieser mitgenommen wird. Übermäßig große Trägerfluid-Stömungsraten, Auftreff-Winkel oder  
30 Auftreff-Geschwindigkeiten können eine Instabilität der Fluid-Brücke verursachen, wenn diese die Bahn kontaktiert. Dadurch kann das Beschichten unter-

brochen werden, oder es kann Beschichtungsfluid in dem Trägerfluid mitgeführt oder emulgiert werden.

Das vollständige oder teilweise Entfernen des Trägerfluids von der Bahn 32  
5 ohne ein zu beanstandendes Entfernen von Beschichtungsfluid ist möglich, falls als Bedingung mindestens eine der folgenden physikalischen und chemischen Eigenschaften gegeben ist: (a) das Trägerfluid ist wesentlich stärker flüchtig als das Beschichtungsfluid und kann unter Zurücklassung der Beschichtung verdunsten; (b) das Trägerfluid hat eine wesentlich niedrigere Viskosität als das Beschichtungsfluid; (c) das Trägerfluid benässt nicht die mit  
10 Beschichtungsfluid bedeckte Bahn; (d) das Beschichtungsfluid reagiert vorzugsweise mit dem Substrat oder wird von diesem absorbiert; (e) entweder die Beschichtung oder der Träger werden an der Beschichtungsstation geliert oder verfestigt; und (f) das Trägerfluid kann durch Kontaktieren mit einem  
15 absorbierenden Medium absorbiert und entfernt werden. Falls das Trägerfluid (g) nicht mit dem Beschichtungsfluid mischbar ist, ist das Entfernen des Trägerfluids oft leichter.

Es sind mehrere alternative mechanische Verfahren zum Entfernen mindestens  
20 eines Teils des Trägerfluids möglich. Falls die Bedingungen (b), (c) oder (d) erfüllt sind, kann bei niedrigen Bahn-Geschwindigkeiten der Großteil des Trägerfluids unter Schwerkrafteinfluss in einen Behälter 50 abfließen, während das Beschichtungsfluid 34 auf der Bahn verbleibt und mit dieser wegbewegt wird. Ein Abfließenlassen mittels Schwerkraft ist besonders effektiv bei niedrigen  
25 Geschwindigkeiten, falls die Bedingungen (b), (c) und (g) erfüllt sind. Bei höheren Geschwindigkeiten kann eine Gas-Abstreifdüse, wie z.B. eine Luft-Abstreifdüse 54 gemäß Fig. 1, das mittels Schwerkraft erfolgende Entfernen ersetzen. Ein Gasstrahl 52 tritt aus der Düse 54 aus und erzeugt eine Druck- und Scherwirkung, um das Trägerfluid von der Bahn zu drücken. Bei höheren  
30 Geschwindigkeiten kann das Trägerfluid auch durch Zentrifugalkraft weggeschleudert werden, wenn die Bahn bei der Drehung um eine Rolle kleinen Durchmessers schnell ihre Richtung ändert.

Überraschenderweise können, besonders wenn das Beschichtungsfluid auf der Bahn weniger als 10 Mikron dick ist und die Bedingung (b) erfüllt ist, (nicht gezeigte) mechanische Messervorrichtungen wie z.B. Klingen den Großteil des  
5 Trägerfluids entfernen und den Großteil, oftmals die Gesamtheit, des Beschichtungsfluids auf der Bahn belassen.

Gemäß einem Beispiel wird das Beschichtungsfluid in Form einer Schicht aufgetragen, die mindestens 100 mal dünner ist als das Trägerfluid; die Beschichtungslage hat eine Viskosität, die mindestens zehnmal höher ist als diejenige  
10 des Trägerfluids; das Beschichtungsfluid hat einen Dampfdruck, der kleiner ist als die Hälfte desjenigen der Trägerschicht; die Beschichtungsschicht hat derartige Zwischenflächeneigenschaften, dass sie sich nicht von der Bahn entnässt, während sie sich durch die Beschichtungsstation bewegt; das Trägerflu-  
15 id hat derartige Zwischenflächeneigenschaften, dass es sich nicht von der mit dem Beschichtungsfluid benässten Bahn entnässt, und die Zwischenflächen-  
spannung zwischen dem Trägerfluid und dem Beschichtungsfluid ist größer als 1 Dyne/cm.

20 Ein weiteres unerwartetes Merkmal dieser Erfindung besteht darin, dass, falls die Träger- und Beschichtungsfluida nicht mischbar sind und die Viskosität des Beschichtungsfluids höher ist als diejenige des Trägerfluids, zugelassen werden kann, dass die Strömung des Trägerfluids turbulent wird. Bisher wurde  
25 stets gelehrt, dass für die gleichzeitige ungemischte Aufbringung mehrerer Fluidschichten auf eine Bahn beide Schichten in einem laminaren Fluss in ihren jeweiligen Spalten 42 und 44 und in einem Abwärtsfluss entlang der Auslass-  
vorrichtungs-Fläche 40 gehalten werden müssen. Der Fluss entlang einer Schrägung ist transitional, falls die Reynolds-Zahl,  $Re$ , größer als 1000 ist, und er ist laminar, falls die Zahl kleiner als 1000. Bei einem Abwärtsfluss eines  
30 newtonschen, nicht schwerungsverdünnbaren Fluids entlang einer Schrägung ergibt sich die Reynolds-Zahl gemäß  $Re = 4G/m$ , wobei  $G$  die Massenströmungsrate pro Breitereinheit der Schrägung und  $m$  die Viskosität des Fluids ist.

- Für die Strömung in einem Spalt sollte die Reynolds-Zahl unter 1400 gehalten werden, damit der laminare Zustand erhalten bleibt. Für die Spalte 42,44 ist die Reynolds-Zahl durch die Gleichung  $Re = G/m$  definiert. Ein weiteres unerwartetes Merkmal besteht darin, dass dünne Beschichtungen aus einer mischbaren Beschichtung und Trägerfluida erhalten werden kann. In diesem Fall wird das mechanische Entfernen mindestens eines Teils des Trägerfluids durch Abfließenlassen oder durch Wegblasen mittels der Gas-Abstreifdüse 54 durchgeführt.
- 10 Das Beschichtungsfluid 34 wird der Auslassvorrichtung 10 mittels der Dosierpumpe 16 mit einer gesteuerten volumetrischen Strömungsrate dosiert zugeführt. Die mittlere Dicke der Nassbeschichtung auf der Bahn 32 ist annähernd gleich dem Volumen des pro Zeiteinheit zugeführten Beschichtungsfluids, dividiert durch den Oberflächenbereich der Bahn, auf der sie ausgebreitet wird.
- 15 Wenn eine kontinuierliche Bahn beschichtet wird, ist dieser Bereich gleich der beschichteten Breite der Bahn, multipliziert mit der Bahn-Geschwindigkeit. Dies erlaubt eine problemlose Einstellung der verwendeten Rate des Auftragens der Beschichtung. Diese kann proportional verändert werden, indem die Beschichtungs-Pumprate verändert wird, oder sie kann umgekehrt proportional verändert werden, indem die Bahn-Geschwindigkeit verändert wird. Falls
- 20 die Bahn-Geschwindigkeit mit der Zeit variiert, kann die aufgetragene Beschichtung konstant gehalten werden, indem die Beschichtungs-Strömungsrate proportional zu der Bahn-Geschwindigkeit variiert wird.
- 25 Fig. 2 zeigt eine alternative Beschichtungs-Auslassvorrichtung, die zum Beschichten mit veränderlichen Geschwindigkeiten und vorzugsweise mit Geschwindigkeiten über 200 m/min. geeignet ist. Bei der Auslassvorrichtung 60 handelt es sich um eine Mehrfachstrahl-Beschichtungsanordnung. Die Auslassvorrichtung 60 stößt einen frei strömenden Strahl von Fluid 62 aus dem
- 30 Auslassvorrichtungsspalt 64 aus, der Trägerfluid 36 aus dem Hohlraum 66 empfängt. Das Beschichtungsfluid 34 wird aus einem Hohlraum 68 und einem Spalt 70 ausgegeben und gleitet an der schrägen Auslassvorrichtungs-Fläche

72 entlang, bis es auf dem Strahl von Trägerfluid 36, der aus dem Spalt 64 ausgegeben wird, zur Auflage gelangt. Der Composite-Strahl 62 der beiden Schichten wird an dem Ausgang aus dem Spalt 64 gebildet.

- 5 Eine Strahl-Beschichtungsvorrichtung erzeugt einen frei strömenden Strahl von Fluid 62, der aus dem Auslassvorrichtungs-Spalt 64 mit hinreichend hoher Geschwindigkeit austritt, um den Strahl 62 ohne die Hilfe der Schwerkraft zu bilden. Bei Vorhang-Beschichtungsvorrichtungen hingegen wird die Schwerkraft genutzt, um zu ermöglichen, dass der Vorhang 48 sich von der Beschichtungs-Auslassvorrichtungs-Lippe 46 löst. Bei einer Strahl-Beschichtungsvorrichtung kann die Fluidträger-Brücke oder der Fluidträger-Strahl 62 horizontal oder vertikal aufwärts erzeugt werden. Strahl-Beschichtungsvorrichtungen sind in der Beschichtungsindustrie verwendet worden, um nur einzelne Schichten aufzutragen, und allgemeiner um eine Beschichtungsströmung auf eine Bahn aufzubringen, bevor ein Dosieren durch einen Rollen-Spalt oder ein Messer einer Messer-Beschichtungsvorrichtung erfolgt, wie in der Broschüre "Black Clawson Converting Machinery and Systems" #23-CM, S.4. der Black Clawson Company in New York, New York gezeigt ist.
- 10
- 15
- 20 Strahl-Beschichtungsvorrichtungen, die in der mitanhängigen U.S.-Patentanmeldung Serial No. 08/382,963 mit dem Titel "Multiple Layer Coating Method" beschrieben sind, unterscheiden sich in den folgenden Aspekten von Spalt- oder Extrusions-Beschichtungsvorrichtungen. Erstens ist bei Strahl-Beschichtungsvorrichtungen der Spalt zwischen den Beschichtungsvorrichtungs-Lippen und den Bahnen normalerweise größer als das Zehnfache der Dicke der auf die Bahn aufgetragenen Fluidschicht. Der zweite Unterschied wird aus einem Vergleich zwischen der Auslassvorrichtung 60 gemäß Fig. 2 und der Auslassvorrichtung 80 gemäß Fig. 3 ersichtlich. Fig. 3 zeigt, wie Fluid aus einer Spalt-Beschichtungsvorrichtung strömt, wenn sich diese nicht in enger Nähe zu der Bahn befindet. Die Spalt-Beschichtungsvorrichtung 80 hat eine Innengeometrie und eine Lippen-Geometrie, die für ein Spalt- oder Extrusionsbeschichten verwendet werden können. Die Vorrichtung wird normalerweise derart positio-
- 25
- 30

niert, dass der Auslassvorrichtungsspalt 82 horizontal angeordnet ist. Somit strömt das aus dem Auslassvorrichtungsspalt 82 ausgegebenen Beschichtungsfluid 86 wie gezeigt vertikal von der Auslassvorrichtungslippe 84, falls sich die Bahn weit weg von der Auslassvorrichtung befindet. Manchmal läuft  
5 das Fluid an der Fläche 85 hinunter, bevor es sich von dem Auslassvorrichtungskörper löst. Bei einer Strahl-Beschichtungsvorrichtung wird das Fluid von den Beschichtungsvorrichtungslippen mit einer Geschwindigkeit ausgegeben, die hoch genug ist, um unmittelbar beim Austreten aus dem Auslassvorrichtungsspalt eine Fluid-Bahn mit einer oberen und einer unteren freien  
10 Fläche zu bilden. Ein unterscheidendes Merkmal des Strahl-Beschichtungsverfahrens besteht darin, dass mit ihm Fluid auf eine Bahn mit einem gewissen mäßigen Abstand von den Lippen relativ zu der Dicke der Fluidstrahl-Bahn aufgebracht werden kann. Wichtig ist, dass die Strömung groß genug ist, um sich ohne Hilfe durch irgendwelche anderen Kräfte (z.B. Schwerkraft, magnetische und elektrostatische Kräfte) von den Lippen zu lösen und eine freie Bahn  
15 zu bilden, die sich über eine messbare Distanz horizontal von den Lippen weg bewegt.

Zum Auftragen ultradünner Beschichtungen mit einer Strahl-Beschichtungsvorrichtung wird ein Beschichtungsfluid dosiert der Auslassvorrichtung 60 zugeführt und strömt aus dem Spalt 70 heraus die Fläche 72 hinab und auf das  
20 von dem Spalt 64 ausgestoßene Trägerfluid 36, um einen freien Composite-Schicht-Strahl 62 zu bilden. Der Strahl bildet eine Fluid-Brücke zwischen der Auslassvorrichtung und der Bahn. Der Winkel des Auftreffens des Strahls 62  
25 auf die Bahn 32, die Trägerfluid-Strömungsrate und die Bahn-Geschwindigkeit werden derart gewählt, dass das Beschichtungsfluid zuerst die Bahn 32 kontaktiert und zusammen mit der Bahn bewegt wird, ohne dass eine nachteilige Menge an Luft zwischen dem Beschichtungsfluid und der Bahn mitgeführt wird und ohne ein Mischen des Beschichtungsfluids mit dem Trägerfluid.

30

Falls ein ultradünnes Beschichten mit einem Beschichtungsfluid durchgeführt wird, das sich spontan und schnell auf der freien Fläche eines Trägerfluids

- ausbreitet, kann die in Fig. 4 gezeigte Vorrichtung verwendet werden. Mit dieser Vorrichtung wird eine flache Ebene von Trägerfluid erzeugt, indem Trägerfluid 36 zu dem Auslassvorrichtungs-Hohlraum 92 einer Auslassvorrichtung 90, durch den Spalt 94 und auf die Auslassvorrichtungs-Fläche 96 gepumpt wird. Die Auslassvorrichtungs-Fläche 96 und die Lippe 98 sind derart ausgebildet, dass sie das Trägerfluid 36 unter Schwerkrafteinfluss zu der Auslassvorrichtungs-Lippe 98 strömen lassen, von der das Trägerfluid als überbrückender Vorhang 48 auf die Bahn 32 fällt. Das Beschichtungsfluid 34 wird durch eine Düse 100 tropfenweise oder als kontinuierlicher Strom auf der Oberfläche des Trägerfluids 36 aufgetragen. Die Strömungsrate des Trägerfluids und die Bewegungszeit zu der Lippe, von der aus der Träger überbrückend auf die sich bewegende Bahn übergeht, müssen ausreichend sein, um den gewünschten Beschichtungseffekt zu erzielen.
- 15 Zur Bildung der Composite-Schicht können zahlreiche unterschiedliche Vorrichtungen verwendet werden. Es können eine Gleit-Beschichtungsvorrichtung, eine Vorhang-Beschichtungsvorrichtung, eine Extrusions-Beschichtungsvorrichtung, eine Spalt-Beschichtungsvorrichtung, eine Strahl-Beschichtungsvorrichtung oder eine Rollen-Beschichtungsvorrichtung verwendet werden. Zusätzlich kann gemäß Fig. 5 die Composite-Schicht auf einer Transfer-Fläche wie z.B. einer Rolle oder einem Riemen abgelegt werden, bevor es die Bahn kontaktiert. Das Trägerfluid 36 wird von der Übertragungsrolle 74 entfernt, und das Beschichtungsfluid wird von der Übertragungsrolle 74 auf die Bahn 32 übertragen. Dies wird durchgeführt, indem die Bahn 32 auf der Rolle 76 gestützt wird, die einen Spalt mit der Übertragungsrolle 74 bildet. Ein gewisser Teil der Beschichtung kann nach der Übertragung auf die Bahn an dem Spalt zwischen den Rollen 76,74 auf der Oberfläche der Rolle 74 verbleiben.
- 30 Eine weitere Variation dieses Beschichtungsverfahrens ist in Fig. 6 gezeigt. Die Composite-Schicht wird auf der Auslassvorrichtung 10 gebildet, und ein Flüssigkeits-Vorhang 48 wird von der Auslassvorrichtung her zu einer Übertragungsrolle 110 hin gebildet. Ein Präzisionsspalt 112 wird zwischen der Über-



tragungsrolle 112 und einer Bahntransportrolle 114 gebildet, wobei diese Rollen in gegenläufigen Richtung rotieren. Der Spalt 112 wird derart eingestellt, dass sich darin ein zweiter Flüssigkeits-Vorhang bildet, während die gesamte Composite-Schicht auf der Übertragungsrolle 110 durch den Spalt 112 hindurchtreten kann. Die Bahn 32 wird auf der Oberfläche der Rolle 114 ebenfalls durch den Spalt 112 hindurch bewegt, und der Flüssigkeits-Vorhang kontaktiert die Bahn, so dass das Beschichtungsfluid 34 zwischen der Bahn-Oberfläche und dem Trägerfluid 36 angeordnet wird. Wenn die Composite-Schicht aus dem Spalt 112 austritt, kann ein Teil des Trägerfluids auf der Oberfläche der Übertragungsrolle 110 verbleiben. Dieser wird durch ein Abstreifmesser 116 von der Übertragungsrolle entfernt und läuft in den Behälter 50 ab. Der übrige Teil des Trägerfluids 36 verbleibt auf der mit Beschichtungsfluid benässten Bahn-Oberfläche und wird durch die Aktion der Luft-Abstreifdüse 54 entfernt und fließt durch Schwerkrafteinwirkung in den Behälter 50.

15

Eine weitere Version der Vorrichtung gemäß Fig. 6 ist in Fig. 7 gezeigt. Die gesteuert bemessene Schicht von Trägerfluid 36 wird an einer Präzisionsöffnung 120 zwischen der Lippe 122 einer Auslassvorrichtung 124 und der Oberfläche einer Übertragungsrolle 126 erzeugt. Die Übertragungsrolle 126 dreht sich durch das Trägerfluid 36, das in einer Pfanne 128 gehalten ist, wobei ein Überschuss zu dem Spalt 120 transportiert wird. Das Beschichtungsfluid 34 wird zu dem Auslassvorrichtung-Hohlraum 12 gepumpt und tritt durch eine Öffnung aus dem Spalt 42 auf die Auslassvorrichtungs-Fläche 38 aus. Das Beschichtungsfluid strömt, während es aus dem Spalt 120 austritt, an der Lippe 122 abwärts und auf das Trägerfluid 36, um eine strömende Composite-Schicht 130 auf der Übertragungsrolle 126 zu bilden. Ein Präzisionsspalt 132 wird zwischen der Übertragungsrolle 126 und der Bahn-Transportrolle 134 gebildet, die in gegenläufigen Richtungen rotieren. Der Spalt 132 wird derart eingestellt, dass sich darin ein Flüssigkeits-Vorhang bildet, während die gesamte Composite-Schicht 130 auf der Übertragungsrolle 126 durch den Spalt 132 hindurchtreten kann. Die Bahn 32 wird auf der Oberfläche der Bahn-Transportrolle 134 ebenfalls durch den Spalt 132 hindurch bewegt, und der

- Flüssigkeits-Vorhang kontaktiert die Bahn, so dass das Beschichtungsfluid 34 zwischen der Bahn-Oberfläche und dem Trägerfluid 36 angeordnet wird. Wenn die Composite-Schicht 130 aus dem Spalt 132 austritt, kann ein Teil des Trägerfluids auf der Oberfläche der Übertragungsrolle 126 verbleiben und zurück in die Pfanne 128 strömen. Der übrige Teil des Trägerfluids 36 verbleibt auf der mit Beschichtungsfluid benässten Bahn-Oberfläche und wird durch die Aktion der Luft-Abstreifdüse 54 entfernt und fließt durch Schwerkrafteinwirkung in den Behälter 50.
- 10 Das Beschichtungsfluid sollte eine derartige Kombination aus Zwischenflächeneigenschaften und Viskosität aufweisen, dass es sich nach dem Ausbreiten über die Oberfläche während des Transports durch die Beschichtungsstation nicht von der Bahn-Oberfläche ent-nässt. Zu dem Beispielen der mittels dieser Erfindung beschichtbaren Beschichtungsfluida zählen Monomere, Oligomere, Lösungen aufgelöster Feststoffe, Feststoff-Fluid-Dispersionen, Fluidmischungen und Emulsionen. Derartige Fluida sind verwendbar zum Erzeugen eines weiten Bereiches funktionaler Beschichtungen auf Bahnen, wobei zu diesen Beschichtungen klebkraftabweisende Beschichtungen, Beschichtungen mit niedriger Anhaftung, Grundierungs-Beschichtungen und Kleb-
- 15 Beschichtungen, die auf elektromagnetische Strahlung oder elektromagnetische Felder reagieren, Schutzbeschichtungen, optisch aktive Beschichtungen und chemisch aktive Beschichtungen zählen. Von Beschichtungen, die mittels dieser Erfindung hergestellt sind, kann erwartet werden, dass sie geeignet zur Herstellung von Produkten wie z.B. Haftklebebändern, photographischen Filmen, magnetischen Aufzeichnungsbändern, Gas-Separations-Membranen, reflektierenden Bahnen und Schilden, medizinischen Verbänden, beschichteten Abrasivteilen, bedruckten Platten und Filmen sind.
- 20
- 25
- 30 Diese Erfindung unterscheidet sich von Oberflächenexpansionsverfahren dadurch, dass Oberflächenexpansionstechniken ein nichtmischbares Beschichtungsfluid oder ein Fluid erfordern, das einige nichtlösliche Komponenten enthält, so dass es sich spontan und schnell über einen nahe stagnierenden Was-

serkörper bewegen kann, um ultradünne Beschichtungsfile zu erzeugen. Die Erfinder haben herausgefunden, dass die Beschichtungsfluida, und zwar sowohl mischbare und nicht mischbare, als ultradünne oder dünne Fluidschicht auf die Oberfläche eines sich bewegenden Trägerfluids strömen können. Dadurch vergrößert sich der Bereich der Fluidbeschichtungen, die zum Beschichten verwendet werden können. Ferner bildet bei dieser Erfindung die gesamte Composite-Schicht eine strömende Flüssigkeits-Brücke und wird auf die Bahn-Oberfläche übertragen; dann wird das Trägerfluid entfernt.

10 Diese Erfindung ermöglicht hohe Beschichtungsgeschwindigkeiten von mehr als 500 Meter pro Minute. Bekannte Expansionstechniken sind auf weniger als 50 Meter pro Minute beschränkt, eine Größenordnung unterhalb derjenigen bei der Erfindung. Bei Expansionstechniken wird das Beschichtungsfluid direkt von der Oberfläche eines mit Wasser gefüllten Flüssigkeitstanks auf die Bahn aufgetragen. Bei diesem Wasser handelt es sich um eine relativ stagnierende Masse mit festem Volumen. Bei dem Expansionsverfahren besteht stets ein Risiko einer Kontamination des Wassers. Gemäß der Erfindung trägt der kontinuierliche Fluss des Trägerfluids dazu bei, dieses Problem zu lösen. Ferner muss bei Expansionstechniken ein fester oder nahezu fester Film auf der Wasseroberfläche gebildet werden, um das Aufnehmen der Beschichtung durch das Substrat zu ermöglichen.

Diese Erfindung unterscheidet sich in der folgenden Weise von bekannten Gleit- und Vorhang-Verfahren. Das Beschichtungsfluid und das Trägerfluid bilden zusammen eine stabile strömende Composite-Schicht mit einer freien Fluid-Luft-Oberfläche. Diese Schicht kann gleichzeitig auf ein sich bewegendes Objekt aufgetragen werden, indem zu dem Objekt hin eine Fluid-Brücke gebildet wird, die aus mehreren distinkten Schichten gebildet ist, auch wenn die Fluida nicht mischbar sind. Auf dem photographischen und graphischen Sektor werden Beschichtungstechniken zum gleichzeitigen Auftragen mehrerer Schichten verwendet, jedoch keine Trägerschichten, die an der Beschichtungsstation entfernt werden. Zudem lehrt die Literatur, dass die Fluid-Lösungs-

mittel bei der Formulierung dieser Schichten mischbar sein müssen. In der Tat handelt es sich bei ihnen normalerweise um das gleiche Lösungsmittel, nämlich Wasser.

- 5 Die Literatur lehrt, dass die Zwischenflächen-Spannung zwischen den geschichteten Fluida sehr niedrig sein und praktisch null betragen sollte, und dass die Oberflächenspannung benachbarter Schichten nur geringfügig unterschiedlich sein sollte. Bei dieser Erfindung ist die Zwischenflächen-Spannung zwischen dem Träger und der Beschichtung vorzugsweise so hoch wie möglich, und die Oberflächenspannungen differieren vorzugsweise weit voneinander, um das Entfernen des Trägers zu erleichtern.

- Zur Durchführung einer Mehrschichten-Gleit- oder Vorhang-Beschichtung lehrt die Literatur, dass sämtliche Schichten in einer laminaren, stromlinienförmigen Weise strömen, um die Schichtenstruktur beizubehalten und um ein Mischen der Schichten zu vermeiden. Mit dieser Erfindung können die Fluida unvermischt bleiben, selbst falls das Trägerfluid turbulent wird.

- 20 Zur Durchführung einer Mehrschichten-Gleit-, Vorhang- oder Spalt-Beschichtung lehrt die Literatur, dass das Dicken-Verhältnis der von oben nach unten angrenzenden Fluidschichten nicht größer als 100 zu 1 sein darf und dass keine einzelne Schicht dünner als 0,1 Mikron sein darf. Bei der Erfindung werden Verhältnisse von bis zu 100,000 zu 1 und Einzelschicht-Dicken von nur 0,0005 Mikron verwendet. Mit den bekannten Gleit-, Vorhang- und Spalt-Beschichtungsverfahren kann keine Einzelschicht- oder Mehrfachsichten-Beschichtung aufgetragen werden, die eine gesamte Nass-Dicke von 5 Mikron oder weniger hat. Mit der Erfindung können Einzelschicht-Beschichtungen von 0,0005 bis 100 Mikron erzeugt werden.

- 30 Bei der praktischen Anwendung bekannter Mehrschichten-Gleit- und -Vorhang-Beschichtungsverfahren wird eine Composite-Schicht erzeugt und auf die Bahn aufgetragen, gefolgt von einem Verfestigungs-, Gelbildungs- oder Trocknungs-

vorgang. Sämtliche Schichten in der Composite-Schicht bleiben auf der Bahn zusammen, während diese aus der Beschichtungsstation heraus bewegt wird. Es wird nichts entfernt. Bei der Erfindung wird nach dem Auftragen der Composite-Schicht auf die Bahn und vor dem Austritt aus der Beschichtungsstation  
5 das Trägerfluid der Composite-Schicht durch beliebige mechanische Mittel entfernt.

Die Erfindung wird durch die folgenden Beispiele näher erläutert.

10

Beispiel 1: Ultradünnes Beschichten mit nichtmischbarem Fluid

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine ultradünne Beschichtung aus synthetischem Öl auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Bei dem Beschichtungsfluid handelte es sich um das  
15 Motoröl Mobil 1™ 5W-30, hergestellt von der Mobil Oil Corporation in New York, New York. Seine gemessene Viskosität bei seiner Zuführtemperatur von 25°C betrug 102 cp. Die Polyester-Bahn bestand aus einem Scotchpar™-Polyester-Film von Minnesota Mining and Manufacturing Company in St. Paul, Minnesota mit einer Breite von 15,2 cm (6 inch), und 35,6 Mikron (1,4 mil).  
20 Das verwendete Trägerfluid war Leitungswasser aus dem städtisches Leitungswassernetz ohne jegliche Additive zum Modifizieren der Oberflächenspannung. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 18,3°C einem Vakuummentgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 115 mm Hg absolut betrieben wurde.  
25

Die Trägerwasser-Strömungsrate wurde sowohl beim Eintritt in den als auch beim Austritt aus dem Vakuummentgasungsbehälter mit zwei identischen Rotometern gemessen. Bei diesen handelte es sich um Messvorrichtungen des Modells 1307EJ27CJ1AA für 0,2 bis 2,59 gpm von der Brooks Instrument Corporation in Hatfield, Pennsylvania. Die Strömung aus dem Behälter wurde mittels  
30 einer für progressiven Hohlraum vorgesehenen Pumpe des Modells 2L3SSQ-

AAA, Moyno™ der Robbins & Meyers Corporation in Springfield, Ohio gepumpt. Um durch diese Pumpe eine Vakuumdichtung zu erzielen, wurde sie gegenläufig zu ihrem normalen Betrieb betätigt. Dies bedeutet, dass ihr Rotor gegenläufig zu der Standardrichtung gedreht wurde und Wasser aus dem Vakuumbehälter durch den normalen Moyno™-Auslass-Port durch die Pumpe und aus der Zuführöffnung heraus gepumpt wurde. Aus der Pumpe strömte das Wasser durch einen abgedichteten Ein-Liter-Puffertank, durch ein Feinfilter, durch das Ausgabe-Rotometer und in die Beschichtungs-Auslassvorrichtung. Die Einlass-Strömungsrate wurde manuell durch ein Strömungsdrosselventil an dem Einlass des Einlass-Rotometers eingestellt. Die Wasserauslass-Strömungsrate des Vakuumbehälters wurde über die Drehgeschwindigkeit der Moyno™-Pumpe gesteuert und mittels des Auslass-Rotometers überwacht. Während des Betriebs wurde die Einlass-Strömungsrate mittels des Drosselventils manuell eingestellt, um die angezeigte Ausgaberate anzupassen. Bei dem verwendeten Filter handelte es sich um eine entsorgbare Filterkapsel. Sie stammte von der Porous Media Corporation in St. Paul, Minnesota und war identifiziert durch die Teil-Nr. DFC1022Y050Y und für eine Rate von 5 Mikron vorgesehen. Dem Entgasungsbehälter wurde ein Vakuum mittels einer Wasserringvakuumpumpe des Modells MHC-25 von der Nash Engineering Corporation in Downers Grove, Illinois zugeführt. Die Trägerwasser-Strömungsrate betrug 2910 ml/min.

Das Beschichtungsfluid wurde aus einer 60-ml-Spritze zugeführt, die mittels einer Spritzenpumpe mit einer Rate von 0,2 ml/min. angetrieben wurde. Die Pumpe war eine programmierbare Spritzenpumpe von Harvard, Modell 4, mit der Nummer 55-1144T für programmierbare Spritzenpumpen und wurde vertrieben von der Harvard Apparatus Corporation in South Natick, Massachusetts.

Während des Beschichtens wurde die Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung über der Beschichtungsstations-Rolle 58 (gemäß Fig. 1) positioniert. Insbesondere wurde sie derart angeordnet, dass die Vorhang-Höhe  $h$  42 mm betrug und der Vorhang auf die auf der Rolle befindliche Bahn an einer Win-

- kelposition von  $310^\circ$  auftraf, gemessen von der Oberseite der Rolle. Der Auftreff-Winkel  $\alpha$  betrug ungefähr  $50^\circ$ . Dieser Winkel wird gemessen zwischen dem Vorhang und einer Linie, die die Bahn-Oberfläche an dem Punkt des Kontakts des Vorhangs und der Bahn tangiert. Die Auslassvorrichtungs-Fläche 40 war unter einem Winkel von  $85^\circ$  relativ zu der Horizontalen geneigt. Die Breite des Beschichtungsfluid-Spalts betrug 18,5 cm, während die Breite des Trägerfluid-Spalts 21 cm betrug. Die Verteilungsschlitz-Spalte für das Beschichtungsfluid und das Träger-Wasser hatten eine Bemessung von 152 bzw. 762 Mikron. Der Durchmesser der Beschichtungsrolle 58 betrug 2,5 cm.
- 10 Die Beschichtungen wurden auf die Bahn mit Geschwindigkeiten von 45 und 73 cm/s aufgetragen. Das Trägerfluid wurde gleichzeitig durch Schwerkraft zum Abfließen gebracht und mittels eines Luft-Messers weggeblasen. Der Luftmesserdüsen-Spalt hatte eine Bemessung von 152 Mikron, und der Düsendruck betrug 140 Kpa. Es wurden keine Randführungen verwendet, und 15 die Breite des Composite-Vorhangs an dem Kontaktpunkt war größer als diejenige der Bahn.
- Wenn das Beschichtungsfluid wie bei diesem Verfahren gleichförmig über die 20 Bahn verteilt wird, kann die Beschichtungs-Dickenbemessung aus der beschichteten Breite, der Bahn-Geschwindigkeit und der Beschichtungsfluid-Strömung pro Breitereinheit des Spalts. Bei den angegebenen Geschwindigkeiten von 45 und 73 cm/s wurden die beschichteten Dickenbemessungen als 400 bzw. 250 Å berechnet. Eine optische Prüfung der Beschichtungen ergab, 25 dass die Beschichtungen keine Leerstellen aufwiesen und frei waren.

#### Beispiel 2: Ultradünnes Beschichten mit einem nichtmischbaren Fluid

- 30 Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung und des Beschichtungsfluid- und der Trägerfluid-Zuführsysteme, die in Beispiel 1 beschrieben sind, wurden ultradünne Beschichtungen aus einem Beschich-

tungsfluid auf Polyglycol-Basis erzeugt. Die Beschichtungs-Formulierung bestand aus den folgenden Gewichtsprozentanteilen: 90% Polypropylenglycol, 9% eines Epoxid aufweisenden funktionalen Silicium-Fluids, und 1% einer in Toluol vorliegenden gesättigten Lösung fluoreszenten Yellow-G-Farbstoffs.

5

Das Polypropylenglycol hatte ein mittleres Molekulargewicht von 4000 und ist erhältlich unter der Bezeichnung P4000 von der Dow Chemical Company, Midland, Michigan. Das Epoxid aufweisende funktionale Silicium ist erhältlich unter der Bezeichnung GE9300 von der General Electric Company in Waterford, New York. Die Toluol-Farbstoff-Lösung wurde zubereitet durch Sättigen des Lösungsmittels mit einem Überschuss an Yellow-G-Farbstoff. Die gesättigte Lösung wurde aufgenommen durch Dekantieren der Flüssigkeitslösung, nachdem man den überschüssigen Farbstoff-Partikeln erlaubte, sich auf dem Boden des Mischbehälters abzusetzen. Der Yellow-G-Farbstoff ist ein Produkt der Keystone-Ingham Corporation in Miridia, California. Dieses Beschichtungsfluid hatte eine Viskosität von 302 cp bei 22°C. Die Oberflächenspannung und die Dichte betrugen 25 Dyne /cm und 0,98 gm/cm<sup>3</sup>.

Bei diesem Beispiel wurde die Auslassvorrichtung an einer Position über der Rolle 58 neuangeordnet, an der die Vorhang-Höhe 22 mm betrug, der Auslassvorrichtungs-Flächen-Winkel 75° betrug und der Auftreff-Winkel 45° betrug. Das Beschichten wurde zuerst mit einer Beschichtungsfluid-Strömungsrate von 0,1 ml/min. aus einem Auslassvorrichtungs-Spalt mit einer Breite von 20 cm und bei einer Bahn-Geschwindigkeit von 100 cm/s durchgeführt. In dem Fall B betrug die Fluidströmungsrate 1 ml/min und die Bahn-Geschwindigkeit 15 cm/s. Die Wasser-Trägerfluid-Strömung betrug 3300 ml/min. bei Austritt aus einem Spalt mit einer Breite von 26 cm. Der Luftdüsen-Druck, die Bahn-Breite und die Vorrichtung waren identisch mit denjenigen bei Beispiel 1.

30 In dem Fall A wurde die Beschichtungs-Dickenbemessung als 89 Å berechnet, und in dem Fall B betrug die Dickenbemessung 5900 Å. In dem Fall A handelt es sich um eine ultradünne Beschichtung und in dem Fall B um eine sehr viel



dickere Beschichtung, die als dünne Beschichtung bezeichnet wird. An dem Beispiel zeigt sich die Eignung des erfindungsgemäßen Verfahrens, einen sehr weiten Bereich an Dicken zu beschichten. Es wurde ein Versuch unternommen, die Gleichförmigkeit der Beschichtung zu quantifizieren, indem die Fluoreszenz aus dem Yellow-G-Farbstoff in den Beschichtungs-Proben gemessen wurde. Es wurde ein photometrisches Analysemittel verwendet, um die Fluoreszenzemissionen bei einer Wellenlänge von 500 Nanometern bei Erregung mit einer Wellenlänge von 440 Nanometern zu messen. Es wurde die Fluoreszenz von Punkten mit einem Durchmesser von 7 mm gemessen, die an zufallsbestimmten Stellen in Breiten- und Längenrichtung der Bahn gewählt wurden. Ferner wurde die unbeschichtete Bahn mit einer gegebenen durchschnittlichen Fluoreszenz von 2,40 Relativeinheiten mit einer Standard-Abweichung von 0,03 gemessen. In dem Fall B betrug die durchschnittliche Fluoreszenz 24,86 Einheiten mit einer Standard-Abweichung von 1,41. Die Proben waren vollständig beschichtet und wiesen keine Leerstellen auf, und die Fluoreszenzt-Messwerte zeigten eine gute Gleichförmigkeit. Die Fluoreszenz des Farbstoffs in den Beschichtungen ist proportional zu der Beschichtungs-Dicke. Die gemessene Veränderung in der basis-korrigierten Fluoreszenz von Fall A zu Fall B besteht in einem Faktor von 67. Dies steht in enger Übereinstimmung mit der 66 betragenden Beschichtungsdicken-Veränderung von Fall A zu Fall B auf der Basis von Bahn-Geschwindigkeiten und Beschichtungsfluid-Strömungsraten.

### Beispiel 3: Beschichten mit einem mit dem Trägerfluid mischbaren Fluid

25

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine ultradünne Beschichtung aus wasserlöslicher Harz-Lösung auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid bestand aus einer Lösung von in Leitungswasser aufgelöstem Carbolpol®940-Harz. Diese Lösung wurde zubereitet, indem zuerst ungefähr 1,1 Gewichts-% des Harzes in Wasser aufgelöst wurden und dann die Lösung mit 5 Gewichts% Natriumhydroxidlösung auf einen pH-Wert von 7 neutralisiert wurde. Dadurch wurde

30

ein visköses Gel gebildet, dem eine gesättigte Lösung aus Solvent-Green-7-Farbstoff mit einem Verhältnis von einem Anteil Farbstoff pro 100 Anteilen Gel hinzugefügt wurde. Das Gel wurde dann mit Wasser verdünnt, bis eine Viskosität von 300 cp erreicht wurde, und zwar bei Messung bei 60 upm mit einer

5 Spindel LV#4 an einem Viskometer von Brookfield des Modells LVTDV-II. Der verdünnten Lösung wurden 0,2 gm des Silwet®7200-Surfaktanten pro 100 gm der Lösung hinzugefügt. Die Oberflächenspannung der Harz-Lösung betrug 23,5 Dyne/cm, und sie war vollständig mischbar mit dem während des Beschichtens als Trägerfluid verwendeten Leitungswasser. Die Zwischenflächen-

10 spannung zwischen dem Beschichtungsfluid und dem Trägerfluid betrug aufgrund der Mischbarkeit null.

Das Carpopol® ist erhältlich von der B.F. Goodrich Company in Cleveland, Ohio. Der Solvent-Green-7-Farbstoff ist erhältlich von der Keystone-Ingham

15 Corporation in Mirada, California. Das Brookfield-Viskometer ist ein Produkt von Brookfield Engineering Laboratories, Inc. in Stoughton, Massachusetts. Das Sikwet®-Surfaktant wird hergestellt von der Union Carbide Chemicals and Plastics Company in Danbury, Connecticut.

20 Die Polyester-Bahn, die Träger-Zuführvorrichtung und die Beschichtungs-Auslassvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 13°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben

25 wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung gepumpt. Die Zufuhrtrate betrug 3000 ml/min. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,2 cp geschätzt.

30 Während des Beschichtens wurde die Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung über der Beschichtungsstations-Rolle 58 (gemäß Fig. 1) positioniert. Insbesondere wurde sie derart angeordnet, dass die Vorhang-Höhe h 3 mm

5 betrug und der Auftreff-Winkel  $\alpha$  ungefähr  $45^\circ$  betrug. Die Auslassvorrichtungs-Fläche 40 war unter einem Winkel von  $84^\circ$  relativ zu der Horizontalen geneigt. Die Breite des Beschichtungsfluid-Spalts betrug 18,5 cm, während die Breite des Trägerfluid-Spalts 21 cm betrug. Die Verteilungsschlitz-Spalte für das Beschichtungsfluid und das Träger-Wasser hatten eine Bemessung von 160 bzw. 1100 Mikron. Der Durchmesser der Beschichtungsrolle 58 betrug 2,5 cm.

10 Das Trägerfluid wurde gleichzeitig durch Schwerkraft zum Abfließen gebracht und mit einem Luftmesser weggeblasen. Der Luftmesserdüsen-Spalt hatte eine Bemessung von 250 Mikron, und die Druckluft wurde dem Spalt mit einem Druck von 70 Kpa zugeführt.

15 Das Beschichtungsfluid wurde aus einer 600-ml-Spritze zugeführt, die durch eine Spritzenpumpe zum Zuführen von Fluid mit Raten von 11, 21,5, 50 und 100 gm/min. angetrieben wurde. Die Bahn-Geschwindigkeit wurde konstant auf 29 cm/s gehalten. Die Fluoreszenz der ungetrockneten beschichteten Proben wurde bei 0,8, 1,4, 2,4 und 5,0 Relativ-Fluoreszenz-Einheiten für die jeweiligen der vier Beschichtungsfluid-Pumpraten gemessen. Die Gewichte der Beschichtungen, wie sie durch die Fluoreszenz angegeben wurden, variierten linear mit der Beschichtungsfluid-Pumprate. Dieses Beispiel zeigt erneut, dass das Beschichtungs-Gewicht direkt auf die Beschichtungsfluid-Pumprate regiert. Das Beispiel zeigt ebenso, dass mischbare Beschichtungs- und Trägerfluid-Kombinationen erfolgreich verwendet werden können.

25

30

Beispiel 4: Beschichten mit nichtmischbarem Fluid mittels einer Strahlbeschichtungsvorrichtung

Unter Verwendung der Strahl-Beschichtungsvorrichtung gemäß Fig. 2 wurde  
5 eine dünne Beschichtung UV-lichthärtbarer Lösung auf eine Polyester-Bahn aufgetragen.

Ein Sirup wurde vorbereitet, indem 90 Anteile von Isooctylacrylat mit 10 Anteilen Acrylsäure und 0,04 Anteilen von Benzildimethylketal (Irgacure™ 651 von Ciba Geigy) gemischt wurden. Die Mischung wurde mit Stickstoff angeschwänzt und insbesondere durch Einwirkung von UV-Fluoreszenz-Leuchten zu einem Sirup mit einer Viskosität von ungefähr 3000 Centipoise polymerisiert. Dem Sirup wurde ein zusätzlicher Anteil von Benzildimethylketal hinzugefügt. Die UV-lichthärtbare Lösung wurde zubereitet, indem 66,9 Gramm des resultierenden Sirups mit 220 Gramm Isooctylacrylat gemischt wurden.  
10  
15

Dieser Mischung wurde pro 20 Anteilen der Lösung ein Gewichtsanteil der in Beispiel 2 beschriebenen Yellow-G-Farbstoff-Lösung hinzugefügt. Ebenso wurde Silwert®-7200-Oberflächensurfaktant in Gewichtsverhältnissen von einem Anteil pro 2000 Anteilen an Lösung hinzugefügt. Es wurde eine Viskosität von 700 cp erzielt, und zwar bei einer an dieser Formulierung vorgenommenen Messung bei 60 upm mit einem Nummer-4-Spindel an einem Brookfield-Viskosimeter des Modells LVTDV-II.  
20

Die Polyester-Bahn, die Träger-Zuführvorrichtung und die Beschichtungs-Auslassvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 12°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung  
25  
30

gepumpt. Die Zufuhrate betrug 4100 ml/min. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,2 cp geschätzt.

Während des Beschichtens wurde die Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung über der in Fig. 2 gezeigten Beschichtungsstations-Rolle 56 positioniert, wobei der Trägerfluid-Spalt 64 horizontal ausgerichtet war. Die Bahn wurde durch eine Translationsbewegung vertikal abwärts mit einem horizontalen Abstand von 3,7 cm an der Auslassvorrichtung vorbei bewegt. Der Composite-Strahl aus Trägerfluid und Beschichtungsfluid wurde unter Schwerkrafteinfluss abwärts gekrümmt und traf unter einem spitzen Winkel auf der Bahn auf. Es wurden keine Rand-Führungen verwendet, und der Composite-Strahl kontaktierte die Bahn an dem Kontaktpunkt mit einer Breite von 10 cm. Die Breite des Beschichtungsfluid-Spalts betrug 18,5 cm, während die Breite des Trägerfluid-Spalts 21 cm betrug. Die Verteilungsschlitz-Spalte für das Beschichtungsfluid und das Träger-Wasser hatten eine Bemessung von 150 bzw. 280 Mikron.

Das Trägerfluid wurde gleichzeitig durch Schwerkraft zum Abfließen gebracht und mit einem Luftmesser weggeblasen. Der Luftmesserdüsen-Spalt hatte eine Bemessung von 250 Mikron, und die Druckluft wurde dem Spalt mit einem Druck von 210 Kpa zugeführt.

Das Beschichtungsfluid wurde mit Raten von 2,4 und 8 ml/min. zugeführt. Die Bahn-Geschwindigkeit wurde konstant auf 29 cm/s gehalten. Die Lösung aus Polymer und Monomeren wurde durch die Aufbringung von UV-Licht polymerisiert, um ein Gel zu bilden. Die Fluoreszenz der gelierten beschichteten Proben wurde bei 0,8, 1,4, 2,4 und 5,0 Relativ-Fluoreszenz-Einheiten für die jeweiligen der vier Beschichtungsfluid-Pumpraten gemessen. Die Gewichte der Beschichtungen, wie sie durch die Fluoreszenz angegeben wurden, variierten linear mit der Beschichtungsfluid-Pumprate. Die berechneten Beschichtungs-Dickenbemessungen betrugen 10000, 21000 und 430000 Å. Dieses Beispiel zeigt erneut, dass das Beschichtungs-Gewicht direkt auf die Beschichtungsflu-

id-Pumprate regiert. Das Beispiel zeigt ebenso, dass bei dem Beschichtungsverfahren unmischbare Beschichtungs- und Trägerfluid-Kombinationen erfolgreich verwendet werden können, um Beschichtungs-Dickenbemessungen von Zehntausenden Ångstroms zu erzielen.

5

Beispiel 5: Aus einem Fluorpolymer zubereitete klebekraftabweisende Beschichtung

10 Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine ultradünne Beschichtung UV-polymerisierbarer Lösung auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid bestand aus einem Acryl aufweisenden funktionalen Perfluorpolyether gemäß der Beschreibung in dem U.S.-Patent Nr. 4,472,480 (Zusammensetzung II).

15

Die Polyester-Bahn, die Träger-Zuführvorrichtung und die Beschichtungs-Auslassvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 7°C einen Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung gepumpt. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,4 cp geschätzt.

20

25 Die Viskosität des Beschichtungsfluids betrug 40 cp. Die Oberflächenspannung des Beschichtungsfluids betrug 19 Dyne/Cm, und die Dichte betrug 1,7 gm/cm<sup>3</sup>. Sämtliche dieser Eigenschaften wurden bei 23°C gemessen.

25

Bei diesem Beispiel wurde die Auslassvorrichtung an einer Position über der Rolle 58 neuplatziert, an der die Vorhang-Höhe im Bereich von 68 bis 84 mm lag, der Auslassvorrichtungs-Flächen-Winkel 75° betrug und der Auftreffwinkel 35° bis 45° betrug. Die Breite des Trägerfluid-Auslassvorrichtungs-Schlitzes

30

betrug 25 cm, und die Bemessung des Spalts war 0,76 cm. Die Breite des Beschichtungsfluid-Auslassvorrichtungsschlitzes betrug 25 cm, und die Bemessung des Spalts war 0,165 cm. Die Luftdüsengeschwindigkeit und die Vorrichtung waren die gleichen wie in dem Beispiel 1. In der Tabelle 1 sind die Trägerfluid- und Beschichtungsfluid-Strömungsraten, die Bahn-Geschwindigkeiten und die UV-Härtungsdosierungen angegeben, die beim Zubereiten der Proben verwendet wurden. Die berechneten Beschichtungs-Dickenbemessungen und die gemessenen resultierenden Klebekraftabweisungswerte sind ebenfalls angegeben. Die Klebekraftabweisungs-Leistung der beschichteten Proben wurde gemessen im Vergleich mit einem handelsüblichen Silicium-Haftkleber (DC 355, erhältlich von der Dow Corning Corporation in Midland, Michigan). Der Kleber wurde mit einer Bahnbeschichtungsdicke von 200 Mikron direkt auf die ultradünne fluorchemische Schicht, und man ließ das Lösungsmittel über Nacht bei Raumtemperatur trocknen. Eine 50-Mikron-Bahn aus Polyester-Film wurde auf die getrocknete Kleber-Schicht laminiert, und diese Polyester-Bahn wurde zusammen mit dem Kleber für 72 Stunden bei Raumtemperatur einem Alterungsvorgang unterzogen und wurde dann von der fluorchemischen Beschichtung mit einem Schälwinkel von 180° und einer Rate von 3,8 cm/s abgeschält.

Tabelle 1:

PROBE #	Träger-Strömung (ml/min.)	Beschichtungs-Strömung (ml/min.)	Bahn-Geschwindigkeit (cm/s)	Dicken-Bemessung (Å)	360-nm-UV-Dosierung (Millijoule/cm <sup>2</sup> )	Klebekraft-Abweisungs-wert (gm/2,5 cm)
a36	2400	0,200	102	216	50	76
a44	2400	0,300	106	310	48	3

Es ist ersichtlich, dass im Vergleich zu der unbeschichteten Bahn, bei denen der Klebekraftabweisungswert 1500 gm/2,5 cm überschreitet, funktionsfähige klebekraftabweisende Schichten erhalten werden können.

5

Beispiel 6: Aus thermisch gehärtetem Silicium zubereitete klebekraftabweisende Beschichtung

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine ultradünne Beschichtung aus thermisch polymerisierbarem Silicium-Fluid auf eine Polyester-und Papier-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid bestand aus einem thermisch gehärteten lösungsmittelfreien Silicium gemäß der Beschreibung in dem U.S.-Patent Nr. 4,504,645 (Beispiel 1, Probe 1). Bei der Papier-Bahn handelte es sich um natürliches superkalendriertes 60-Pound-Kraftpapier von der Nicollet Paper Company, Depere, Wisconsin.

Die Träger-Zuführvorrichtung, das Polyester, die Beschichtungs-Zufuhrvorrichtung und die Beschichtungs-Auslassvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 8°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung gepumpt. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,3 cp geschätzt.

Die Viskosität des Beschichtungsfluids betrug 257 cp. Die Dichte betrug 0,97 gm/cm<sup>3</sup>, und die Oberflächenspannung betrug 20,7 Dyne/cm<sup>3</sup>. Sämtliche dieser Eigenschaften wurden bei 23°C gemessen.



Bei diesem Beispiel wurde die Auslassvorrichtung an einer Position über der Rolle 58 neuplatziert; der Auslassvorrichtungs-Flächen-Winkel betrug  $75^\circ$ , und der Auftreffwinkel betrug  $45^\circ$ . Der Luftdüsen-Druck betrug 140 Kpa, und der Düsenschlitz-Spalt hatte eine Bemessung von 0,25 mm. Die Beschichtungsfluid-Spalt-Breite betrug 23 cm, während die Trägerfluid-Spalt-Breite 25 cm betrug. Die Verteilungsschlitz-Spalte für das Beschichtungsfluid und das Träger-Wasser hatten eine Bemessung von 150 bzw. 760 Mikron.

Die Tabelle 2 enthält die Beschichtungsfluid-Strömungsraten, die berechnete Beschichtungs-Dickenbemessung, und die gemessenen Klebekraftabweisungswerte der zubereiteten Proben. In sämtlichen Fällen betrug die Vorhang-Höhe 34 mm; die Bahn-Geschwindigkeit betrug 25 cm/s; die Trägerfluid-Strömungsraten betrug 3000 ml/min. Die beschichteten Proben wurden in einem Ofen zwei Minuten lang bei  $150^\circ\text{C}$  gehärtet. Die Klebekraftabweisungswerte wurden gemessen durch Laminieren eines 2,54 cm breiten Streifen von Scotch<sup>TM</sup>-610-Klebeband auf einer Silicium-Beschichtung mittels einer 2-kg-Rolle. Nach 24 Stunden wurde das Band unter einem Winkel von  $180^\circ$  und mit einer Rate von 3,8 cm/s von dem Silicium abgeschält.

Tabelle 2:

PROBE #	BAHN #	Beschichtungs-Strömung (ml/min.)	Beschichtungs-Dicke (Å)	Klebekraft-abweisung (gm/2,54 cm)
b1	Polyester	0,38	997	295
b2	Polyester	0,38	997	103
b3	Polyester	1,75	4600	26
b4	Polyester	1,75	4600	27
b5	Papier	1,75	4600	27
b6	Papier	1,75	4600	34

Beispiel 7: Aus UV-gehärtetem Silicium zubereitete klebekraftabweisende Beschichtung

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß  
5 Fig. 1 wurden ultradünne Beschichtungen aus einem UV-polymerisierbaren Epoxidsilicon-Fluid gemäß der Beschreibung in dem Beispiel 3 des U.S.-Patents Nr. 5,332,797 auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid war eine Mischung aus 95 Anteilen von Epoxidsilicon mit einem Epoxid-Äquivalenzgewicht von 538,2 Anteilen von Bis(dodecylphenyl)iodinumhexafluoroantimonat, 3 Anteilen von Alfol® 1012 HA (einer Mischung aus Alkylalkoholen)  
10 und 0,2 Anteilen von 2-Isopropylthioxanthon.

Die Träger-Zuführvorrichtung, die Polyester-Bahn, die Beschichtungs-Zuführvorrichtung und die Beschichtungs-Auslassvorrichtung waren die gleichen, die  
15 in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 16°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung gepumpt. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,1 cp geschätzt.  
20

Die Viskosität des Beschichtungsfluids betrug 276 cp. Die Dichte betrug 0,97 gm/cm<sup>3</sup>, und die Oberflächenspannung betrug 23 Dyne/Cm, und die Dichte  
25 betrug 1,01 gm/cm<sup>3</sup>. Sämtliche dieser Eigenschaften wurden bei 23°C gemessen.

Sämtliche Beschichtungen wurden mit einer Liniengeschwindigkeit von 25 cm/s zubereitet und dann mit der gleichen Geschwindigkeit unter einer mit 60  
30 Watt pro cm arbeitenden einzelnen Mitteldruck-Quecksilberlampe durchgeführt, um eine gehärtete, anhaftungsfrei klebekraftabweisende Schicht zu erzeugen. Es wurden verschiedene Beschichtungsgewichte aufgebracht, indem

die Pumprate des Beschichtungsfluids verändert wurde, und Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Klebekraftabweisungs-Werte der Beschichtungen wurden gemessen, indem ein Acryl-Haftkleber, d.h. ein 95,5:4,5-Isooctylacrylatacrylsäurecopolymer gemäß der Beschreibung in dem U.S.-Patent Nr. RE 24,906 unter Verwendung von Heptan als Lösungsmittel direkt auf die klebekraftabweisende Beschichtung aufgetragen wurde. Nach dem Beschichten wurde der Kleber in einem Ofen 5 Minuten lang bei 70°C getrocknet, und der 50 Micron dicke Polyester-Film wurde auf die Klebeschicht laminiert. Dieses Laminat wurde 72 Stunde lang in einem Ofen bei 70°C gehärtet. Das gealterte Laminat wurde in Streifen von 2,5 x 25 cm geschnitten und mit unten weisender Substrat-Seite mittels Doppelklebband an einer Glasplatte befestigt. Der Klebekraftabweisungswert ist die in Gramm bemessene Kraft, die erforderlich ist, um den Polyester-Film mit dem daran befestigten Haftkleber unter einem Winkel von 180° und mit einer Zieh-Rate von 230 cm/min. von dem klebekraftabweisungsbeschichteten Substrat abzuziehen.

20

25

30

Tabelle 3:

Dicken- bemessung (Å)	Klebekraft- abweisung anfangs (gm/2,54 cm)	Klebekraft- abweisung nach Alterung (gm/2,54 cm)	Neuanhaftung (oz/2,54 cm)	
			anfangs	nach Alterung
250	61	294	63	57
500	89	73	59	60
1000	86	63	62	63
1500	86	58	62	64
2000	80	52	65	63
2500	77	59	66	66
3000	73	64	67	69
7000*	64	50	66	62
* 5-Rollen-beschichte Probe zwecks Referenz "Anfangs"-Werte bei Verbleiben des Klebers auf dem Liner für 3 Tage und bei Raumtemperatur "Alterungs"-Werte gelten für ein Verbleiben des Klebers auf dem Liner für 3 Tage und bei 158 F				

#### 5 Beispiel 8: Beschichtung mit UV-gehärtetem Epoxid

- Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine dünne Beschichtung aus einem UV-polymerisierbaren Epoxidharz-Fluid auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid war eine lösungsmittelfreie Harz-Mischung aus 50% ERL 4221 und 50% UVR6379, der zusätzlich 1 Gewichts-% Silwet™-7500-Surfaktant und 3 Gewichts-% UVI6971-Photoinitator beigelegt wurden, sämtlich von der Union Carbide Corporation, New York, New York.
- 10
- 15 Die Polyester-Bahn, die Beschichtungsfluid-Zufuhrvorrichtung und die Trägerfluid-Zufuhrvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser

aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 8°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslass-  
5 vorrichtung gepumpt. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,3 cp geschätzt.

Die Viskosität des Beschichtungsfluids betrug 352 cp. Die Dichte betrug 0,97 gm/cm<sup>3</sup>, und die Oberflächenspannung betrug 27 Dyne/Cm, und die Dichte  
10 betrug 1,11 gm/cm<sup>3</sup>. Sämtliche dieser Eigenschaften wurden bei 23°C gemessen. Bei dem Beschichten mit diesem Material wurde eine Tendenz zum Einschluss von Luft zwischen dem Beschichtungsfluid und der Bahn-Oberfläche beobachtet. Diese konnte beseitigt werden, in dem ein Hochspannungspotenzial auf die Beschichtungsrolle aufgebracht wurde.

15 Bei diesem Beispiel wurde die Auslassvorrichtung an einer Position über der Rolle 58 neuplatziert, an der die Vorhang-Höhe 5 mm betrug; der Auslassvorrichtungs-Flächen-Winkel betrug 75°, und der Auftreffwinkel betrug 45°. Der Luftdüsen-Druck betrug 140 Kpa, und der Düsenschlitz-Spalt hatte eine Be-  
20 messung von 0,25 mm. Die Beschichtungsfluid-Spalt-Breite betrug 23 cm, während die Trägerfluid-Spalt-Breite 25 cm betrug. Die Verteilungsschlitz-Spalte für das Beschichtungsfluid und das Träger-Wasser hatten eine Bemessung von 150 bzw. 760 Mikron.

25 Die Tabelle 4 enthält die Trägerfluid- und Beschichtungsfluid-Strömungsraten, das elektrostatische Potenzial, und die Bahn-Geschwindigkeit, die bei der Zubereitung der Proben verwendet wurden. Die Beschichtungen wurden gehärtet, indem sie unter einer einzelnen Mitteldruck-Quecksilberlampe hindurchbewegt wurde, die in Linie mit der Beschichtungsvorrichtung angeordnet war.  
30 Die Beschichtung hatte bei visueller Prüfung ein gleichförmiges Äußeres, war voll gehärtet und frei von Defekten.

Tabelle 4:

PROBE #	Träger-Strömung (ml/min.)	Beschichtungs-Strömung (ml/min.)	Bahn-Geschwindigkeit (cm/s)	Dicke (Å)	Beschichtungsrollen-Potenzial (Volt)	UV-Dosierung (Millijoule/cm <sup>2</sup> )
c1	2080	2,0	7,62	17500	700	400
c2	2080	6,0	6,60	60000	800	462

5 Beispiel 9: Klebekraftabweisende Beschichtung, zubereitet aus einem klebekraftabweisendem Wirkstoff mit mischbarem Latexsilicon

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine dünne Beschichtung aus einem wassermischbaren Latex-Silicon aufweisenden klebekraftabweisendem Wirkstoff auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid war eine auf Wasser basierendes Latex aufweisende, thermisch härtbare Harz-Mischung aus GE-Siliconen von Waterford, New York, die aus 10 Anteilen Latex SM2145 und 1 Anteil Latex SM2146c bestand. Bei den Proben a und b wurde die unverdünnte Mischung mit einer Viskosität von 284 cp gemäß Messung mit einem Brookfield-Viskosimeter mit 60 upm mit einer LV#2-Spindel beschichtet. Bei den Proben c und d wurde die Mischung mit Wasser in einem Verhältnis von 10 Anteilen von Wasser zu 1 Anteil Latex-Mischung verdünnt, und dann wurde der Verdickungswirkstoff Natrosol 250HR hinzugefügt, um gemäß der Brookfield-Vorrichtung bei 60 upm mit einer LV#3-Spindel eine Viskosität von 2300 cp zu erzeugen. Das Verdickungsmittel wird hergestellt von Hercules, Inc. in Wilmington, Delaware. Die Oberflächenspannung und die Dichte des gemischten Latex vor der Verdünnung betrugen 27 Dyne/cm und 0,98 gm/cm<sup>3</sup>. Die Zwischenflächenspannung zwischen der Latex-Mischung und dem Träger war null; das Latex war mit dem Träger-Wasser mischbar.

Die Trägerfluid-Zufuhrvorrichtung, die Polyester-Bahn, die Beschichtungs-Zufuhrvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 9°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung gepumpt. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1,3 cp geschätzt. Die Trägerfluid-Zufuhrvorrichtung war wie in Beispiel 1 beschrieben ausgebildet.

10

Bei diesem Beispiel wurde die Auslassvorrichtung an einer Position über der Rolle 58 neuplatziert, an der die Vorhang-Höhe 10 mm betrug; der Auslassvorrichtungs-Flächen-Winkel betrug 75°, und der Auftreffwinkel betrug ungefähr 45°. Der Düsenschlitz-Spalt hatte eine Bemessung von 0,25 mm. Die Tabelle 5 enthält die berechnete Silicon-Dickenbemessung, die Bahn-Geschwindigkeit und die Luftdüsen-Drücke, die bei der Zubereitung der Proben verwendet wurden, zusammen mit den Klebekraftabweisungs-Ergebnissen. Die beschichteten Proben wurden in einem Chargen-Ofen 10 Minuten lang bei 120°C gehärtet. Die Beschichtung hatte bei visueller Prüfung ein gleichförmiges Äußeres, war voll gehärtet und frei von Defekten.

20

Die Klebekraftabweisung dieser Beschichtungen wurde unter Verwendung von Scotch™810-Band ausgewertet. Ein 2,54 cm breiter Band-Streifen wurde auf die gehärteten Schichten laminiert und mittels einer 2-kg-Rolle abgerollt. Die Klebekraftabweisung wurde gemessen, indem das Band mit einem Winkel von 180° bei einer Rate von 228,6 cm/min. von dem siliconbeschichteten Substrat zurückgeschält wurde. Die zum Schälen des Bandes erforderliche Kraft wurde für einen Schälvorgang von 5 Sekunden gemittelt und wird in Gramm pro Breite in inch angegeben. Bei einer Prüfung mit Basis-Polyester wurde eine Klebekraftabweisung von 661 g/2,54 cm erzielt.

30

Tabelle 5:

PROBE #	Bahn- Geschwindigkeit (m/s)	Dicke (Å)	Luftdüsen- Druck (Kpa)	Klebekraft- abweisung (gm/2,54 cm)
a	14	24000	70	5
b	54	4300	140	6
c	65	930	70	102
d	74	400	70	261

#### 5 Beispiel 10: Beschichtung mit einem mischbaren Latex-Kleber

- Bei diesem Beispiel wurde die Vorrichtung von Beispiel 1 verwendet, jedoch mit den Ausnahmen, dass erstens eine größere Spritzen-Pumpe verwendet wurde und dass zweitens das Träger-Fluid kontinuierlich aus einem 60-Liter-
- 10 Tank rezirkuliert wurde. Der Vakuum-Entgasungstank 36 gemäß Fig. 1 wurde durch diesen Aufnahmetank ersetzt, der physisch derart angeordnet war, dass das Fluid aus dem Behälter 50 durch Schwerkraft in ihn abfließen konnte, so dass ein Rezirkulieren des Trägers ermöglicht wurde.
- 15 Dünne Beschichtungen aus einem wasserlöslichen, zu 45% aus Feststoffen bestehenden Latex-Kleber wurden auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Die Bahn war vom Typ Sequabond DW-1, vertrieben von der Sequa Chemicals, Inc. in Chester, South Carolina. Ihre Viskosität wurde mit einem Brookfield-
- 20 Viskometer mit 60 upm mit einer LV#2-Spindel mit 0,3 upm bei 21,7°C als 28.600 cp gemessen. Die Oberflächenspannung des Beschichtungsfluids betrug 39,4 Dyne/cm, und die Dichte betrug 1,0 gm/cm<sup>3</sup>. Sämtliche dieser Eigenschaften wurden bei 21°C gemessen.

- Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der
- 25 städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Addi-



5 tive. Das Wasser wurde dem Tank 36 zugeführt, und vor der Verwendung ließ  
man es sich auf 21°C erwärmen. Während des Beschichtens wurden Bänder  
aus Polyethylen-Film an jedem Bahn-Rand auf der Oberseite der Bahn plat-  
ziert. Diese erstreckten sich um 2,2 cm von dem Rand der Bahn auswärts zu  
dem Rand der Beschichtungs-Auslassvorrichtung. Sie dienten dazu, zu verhin-  
10 dern, dass der Kleber die Beschichtungsstations-Rolle 58 benässte, während  
ein unbeschichteter Randbereich an jedem Rand der Bahn belassen wurde.  
Sowohl die Träger- als auch die Beschichtungsfluida aus den beiden Randbe-  
reichen wurden in den Behälter 50 geleitet. Sie wurden mit dem Träger ge-  
misch, der durch einen Gasstrahl 52 von der Bahn weggeblasen wurde. Ein  
15 Ergebnis dieses Vorgangs bestand darin, dass das Trägerfluid mit Latex-Beschichtungsfluid kontaminiert wurde. Die Trägerfluid-Rate betrug 1000  
ml/min., und die gemessene Viskosität betrug 1,06 bis 1,40 cp. Der Luftdü-  
sen-Druck betrug 20 Kpa. Die Trägerfluid- und Beschichtungsfluid-Schlitze  
hatten eine Breite von 25,8 bzw. 25,2 cm und wiesen Spalte von 0,49 bzw.  
0,25 mm auf.

20 Die Tabelle 6 enthält die Latex-Massenströmungsrate und die Beschichtungs-  
Dickenbemessungen, die bei der Bahn-Geschwindigkeit von 27 cm/s, einem  
Latex-Feststoffanteil von 0,45 und einem Luftdüsen-Spalt zu der Bahn im Be-  
reich von 1 bis 2 ml erzielt wurden. Die Beschichtung hatte bei visueller Prü-  
fung ein gleichförmiges Äußeres, war voll gehärtet und frei von Defekten.

25

30

Tabelle 6:

Latex-Strömung (gm/cm-s)	Trockenbeschichtungs- Dickenbemessung (Å)	Naßbeschichtungs- Dicke (Å)
0,0786	160000	350000
0,0302	62000	138000
0,0196	46000	102000
0,0151	38000	84000
0,0060	15000	33000
0,0030	8000	17000
0,24	470000	1040000

5 Beispiel 11: Klebekraftabweisende Beschichtung, zubereitet aus einer Lösungsmittel-Lösung

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine ultradünne Beschichtung aus einer Urethan-Klebekraftabweisungs-Beschichtung auf die coronabehandelte Seite einer biaxial ausgerichtete Polypropylen-Bahn mit einer Dickenbemessung von 25 Mikron aufgetragen.

Bei dem Beschichtungsfluid handelte es sich um 1,1% markiertes Urethan-Polymer in einem Lösungsmittel, das zu 1 Anteil Toluol bestand, 1 Anteil Tetradecan und 2 Anteilen Xylol bestand. Das klebekraftabweisende Polymer, das das mit dem fluoreszentem Wirkstoff markierte Urethan aufwies, wurde gemäß dem U.S.-Patent Nr. 4,978,731 (Beispiel 2) zubereitet, jedoch mit der Ausnahme, dass die oben angeführte Lösungsmittel-Mischung verwendet wurde. Die Viskosität des Beschichtungsfluids wurde auf 0,7 cp geschätzt. Die Oberflächenspannung des Beschichtungsfluids betrug 25 Dyne/cm, und die Dichte betrug 0,9 gm/cm<sup>3</sup>. Sämtliche dieser Eigenschaften wurden bei 24°C gemessen. Es wurden verschiedene Beschichtungsgewichte aufgebracht, indem die Bahn-Geschwindigkeit verändert wurde, während die Pump-Rate der

Spritzen-Pumpe gemäß Beispiel 1, die das Beschichtungsfluid mit 5 ml/min. aus einen 14 cm breiten Spalt pumpte, beibehalten wurde. Die Träger-Wasser-Strömungsrate betrug 2800 ml/min., und die Vorhang-Höhen betrugen 3 bis 16 mm.

5

Bei dem verwendeten Trägerfluid handelte es sich um Leitungswasser aus der städtischen Wasserversorgung ohne jegliche oberflächenmodifizierenden Additive. Das Wasser wurde mit einer Temperatur von 27°C einem Vakuum-Entgasungsbehälter zugeführt, der mit einem Druck von 200 Hg absolut betrieben wurde, und dann wurde das Wasser zu der Beschichtungs-Auslassvorrichtung gepumpt. Die Viskosität des Trägerfluids wurde auf 1 cp geschätzt. Die Trägerfluid-Zuführvorrichtung war wie in Beispiel 1 beschrieben ausgebildet.

10

Fluoreszenz-Messungen zeigten eine vollständige Abdeckung und Gewichte der getrockneten Beschichtung an, die der Bahn-Geschwindigkeit proportional waren. Die Klebekraftabweisungs-Werte sind in der Tabelle 7 angegeben. Die Klebekraftabweisung wurde gemessen, indem mittels einer 2-Kilo-Rolle ein 2,54 cm breiter Streifen von Scotch™810 Magic Tape von Minnesota Mining and Manufacturing Company, Str. Paul, Minnesota auf die getrockneten Beschichtungen laminiert wurde. Die Bandstreifen wurden dann unter einem Winkel von 180° und mit einer Schäl-Rate von 3,8 cm/s von den ultradünnen Beschichtungen abgeschält.

20

25

30

Tabelle 7:

Dicke (Å)	Klebekraftabweisung (gm/in)
64	320
128	280
257	310
758	190
unbeschichteter Film	495

5 Beispiel 12: Beschichtung mit einem nichtwässrigen Trägerfluid hoher Viskosität

Unter Verwendung der Gleitvorhang-Beschichtungs-Auslassvorrichtung gemäß Fig. 1 wurde eine ultradünne Beschichtung aus einer Epoxidsiliconharz-Lösung auf eine Polyester-Bahn aufgetragen. Das Beschichtungsfluid bestand aus einer 35%igen Lösung aus in dem Beispiel 7 beschriebenen Epoxidsilicon-Fluid, das in dem Lösungsmittel Nonan aufgelöst war. Seine Viskosität betrug 9 cp, und die Oberflächenspannung der Harzlösung betrug 24 Dyne/cm. Die Beschichtungs-Dichte betrug 1,0 gm/cm<sup>3</sup>. Bei dem Trägerfluid handelte es sich um Ethylenglycol-Wärmeübertragungsfluid Downtherm™ SR-1 von der Dow Jones Chemical Company in Midland, Michigan. Seine Viskosität betrug 18 cp, und die Oberflächenspannung betrug 34 Dyne/cm. Die Träger-Dichte betrug 1,14 gm/cm<sup>3</sup>. Das Trägerfluid wurde aus einem Tank mit einer Temperatur von 22°C zugeführt und mittels einer Übertragungspumpe an die Beschichtungs-Auslassvorrichtung zugeführt. Die Zuführrate betrug 2700 ml/min. Die Polyester-Bahn war die gleiche, die in dem Beispiel 1 verwendet wurde.

Die Polyester-Bahn, die Beschichtungs-Zufuhrvorrichtung und die Beschichtungs-Auslassvorrichtung waren die gleichen, die in Beispiel 1 verwendet wurden. Während des Beschichtens wurde die Gleitvorhang-Beschichtungs-

Auslassvorrichtung über der Beschichtungsstations-Rolle 57 wie in Beispiel 3 mit einer Vorhang-Höhe von 7 mm positioniert. Der Auftreff-Winkel betrug ungefähr 45°. Die Beschichtungsfluid-Spalt-Breite betrug 24 cm, während die Trägerfluid-Spalt-Breite 25 cm betrug. Die Verteilungsschlitz-Spalte für das Beschichtungsfluid und das Trägerfluid betrugen 160 bzw. Mikron. Das Trägerfluid wurde gleichzeitig durch Schwerkraft zum Abfließen gebracht und mit einem Luft-Messer weggeblasen. Der Luftmesser-Düsen-Spalt maß 2509 Mikron, und die Druckluft wurde dem Spalt mit einem Druck von 200 Kpa zugeführt. Rest-Tröpfchen von Glycol wurden mit Wasser von der Oberfläche der erhaltenen Proben gewaschen.

Das Beschichtungsfluid wurde aus einer von einer Spritzen-Pumpe angetriebenen 60 ml-Spritze zwecks Fluid-Zufuhr mit einer Rate von 0,5 gm/min. zugeführt. Bei den Proben wurden kontinuierliche Beschichtungen beobachtet. Die berechnete Nass-Dickenbemessung für diese Bedingungen betrug ungefähr 1700 Å. Dieses Beispiel zeigt, dass unmischbare Beschichtungsfluid- und Trägerfluid-Kombinationen verwendet werden können, wenn der Träger nicht Wasser ist.

Es können zahlreiche Variationen der beschriebenen Systeme verwendet werden, ohne von dem in den angefügten Ansprüchen definierten Umfang abzuweichen. Beispielsweise braucht die strömende Schicht des Trägerfluids nicht durch Strömen aus dem Spalt einer Auslassvorrichtung gebildet zu werden. Sie kann auch durch Strömen aus einer Strömungsschleuse oder einer offenen Wanne gebildet werden. Ferner braucht die Composite-Schicht nicht an der Auslassvorrichtung gebildet zu werden. Das Beschichtungsfluid kann auf dem Trägerfluid aufgetragen werden, nachdem sie die Auslassvorrichtungs-Lippe verlässt. Ferner können ein Mehrschichten-Trägerfluid und ein Mehrschichten-Beschichtungsfluid verwendet werden. Ein Mehrschichten-Trägerfluid kann eine reine obere Schicht und eine recycelte untere Schicht aufweisen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten eines Substrats (32) mit einer Schicht, mit den folgenden Schritten:

Bewegen des Substrats (32) entlang eines Wegs durch eine Beschichtungsstation;

Bilden einer Composite-Schicht (48) mit mindestens einem Beschichtungsfluid (34) und mindestens einem Trägerfluid (36), dessen Zusammensetzung sich von derjenigen jedes Beschichtungsfluids unterscheidet;

Fließenlassen der Composite-Schicht (48) mit einer Rate, die hinreichend ist, um über die Beschichtungsbreite hinweg eine kontinuierliche Fluidbrücke aus strömender Composite-Schicht zu dem Substrat (32) zu bilden, wobei der das Trägerfluid (36) aufweisende Teil der Composite-Schicht kontinuierlich ist;

Kontaktieren des Substrats (32) mit der strömenden Composite-Schicht (48) derart, dass die Beschichtungslage (34) zwischen dem Substrat (32) und dem Trägerfluid (36) angeordnet ist; und

Entfernen des Trägerfluids (36), während das Beschichtungsfluid (34) als Beschichtungslage auf dem Substrat aufgetragen bleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem in dem Schritt des Fließenlassens die Composite-Schicht (48) mit einer Rate fließengelassen wird, die hinreichend ist, um über die Beschichtungsbreite hinweg eine kontinuierliche Fluidbrücke aus strömender Composite-Schicht zu dem Substrat (32) zu bilden, ohne dass die Rate hinreichend hoch ist, um eine nur aus Be-

schichtungsfluid bestehende kontinuierliche strömende Fluidbrücke zu bilden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem in dem Schritt des Entfernens des Trägerfluids (36) mindestens einer der folgenden Vorgänge durchgeführt wird: mechanisches Manipulieren, Ablaufenlassen durch Eingengewicht, zentrifugales Entfernen, Blasen, und Absaugen, Härten des Trägers und anschließendes Manipulieren, magnetischem Abziehen, Absorption durch Kontaktieren mit einem absorptiven festen Material, Gelieren des Trägers und anschließendes Manipulieren, Gelieren der Beschichtung und anschließendes Manipulieren, Härten der Beschichtung und anschließendes Manipulieren, Absorption des Trägerfluids, und chemisches Bonden der Beschichtung und anschließendes mechanisches Entfernen des Trägers.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Dicke der auf das Substrat aufgetragenen Beschichtung weniger als 50 Mikron beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem in dem Schritt des Bewegens das Substrat (32) mit Geschwindigkeiten von bis zu 2000 m/min. durch die Beschichtungsstation bewegt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner mit dem Schritt des Wählens eines Fluids (36), das nicht mit dem Beschichtungsfluid (34) mischbar ist, das eine niedrigere Viskosität als das Beschichtungsfluid hat und das eine größere Oberflächenspannung als das Beschichtungsfluid hat.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das Substrat (23) ein Transferfläche (110) aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem in dem Schritt des Bildens einer Composite-Schicht (48) ein Trägerfluid (36) verwendet wird, das mit dem Beschichtungsfluid (34), mit dem es ein Interface bildet, nicht mischbar ist, und bei dem das Trägerfluid derartige Benetzungseigenschaften hat, dass es kein kontinuierlicher Film bleibt, der die Fläche des ersten und des zweiten mit Beschichtungsfluid beschichteten Substrats bedeckt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, ferner mit dem Schritt des Auftragens des Beschichtungsfluids (34) auf das Substrat (32) mit Nassdicken zwischen 25 und 10000 Ångstrom.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem in dem Schritt des Bildens einer Composite-Schicht (48) ein Trägerfluid (36) verwendet wird, das mit dem Beschichtungsfluid (34), mit dem es ein Interface bildet, nicht mischbar ist, und bei dem das Trägerfluid derartige Benetzungseigenschaften hat, dass es ein kontinuierlicher Film bleibt, die Fläche des ersten und des zweiten mit Beschichtungsfluid beschichteten Substrats bedeckt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem in dem Schritt des Bildens einer Composite-Schicht (48) ein Trägerfluid (36) verwendet wird, das mit dem Beschichtungsfluid (34), mit dem es ein Interface bildet, mischbar ist.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, ferner mit dem Schritt des Auftragens des Beschichtungsfluids auf das Substrat mit Nassdicken von mehr als 10000 Ångstrom.
13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem in dem Schritt des Bildens einer Composite-Schicht (48) nach dem Schritt des Auftragens und nach dem



Schritt des Manipulierens, während sich das Substrat in der Beschichtungsstation befindet, verhindert wird, dass das Trägerfluid (36) ein kontinuierlicher Film bleibt, der die Fläche des mit Beschichtungsfluid beschichteten Substrats bedeckt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem in dem Schritt des Entferns des Trägerfluids (36) mindestens zehn Prozent des Trägerfluids entfernt werden, ohne das Trägerfluid zu trocknen, während die Lage des Beschichtungsfluids (34) auf dem Substrat aufgetragen belassen wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem in dem Schritt des Entferns des Trägerfluids (36) das Trägerfluid entfernt wird, ohne mittels eines Gasmessers weggeblasen zu werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem in dem Schritt des Entferns des Trägerfluids (36) das Trägerfluid entfernt wird, nachdem das Trägerfluid gehärtet oder geliert worden ist, und nachdem das Beschichtungsfluid geliert, gehärtet oder einer chemischen Reaktion unterzogen worden ist.
17. Vorrichtung zum Beschichten eines Substrats mit einer ultradünnen Schicht, mit:
  - einer Auslassvorrichtung (10,60,80,90) zum Auslassen eines Trägerfluids (36);
  - einer Vorrichtung zum Auftragen mindestens eines Beschichtungsfluids (34) auf das Trägerfluid (36), wobei das Trägerfluid eine sich von derjenigen jedes Beschichtungsfluids unterscheidende Zusammensetzung hat,

um mehrere strömende Fluidschichten zu bilden, die sich zur Bildung einer Composite-Schicht (48) in gegenseitigem Flächenkontakt befinden;

einer Vorrichtung zum Bewegen des Substrats mit Abstand von der Auslassvorrichtung, um der Composite-Schicht zu erlauben, über die Beschichtungsbreite hinweg eine kontinuierliche strömende Fluidbrücke zu der Substrat-Fläche zu bilden, und um die Beschichtungsschicht auf das Substrat aufzutragen; und

einer Vorrichtung zum Entfernen des Trägerfluids, während das Beschichtungsfluid als Beschichtungslage auf dem Substrat aufgetragen bleibt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, bei der die Auslassvorrichtung (10,60,80, 90) eine Fläche (40), einen mit der Fläche kommunizierenden Schlitz (44) und eine Lippe (46) aufweist, wobei das Trägerfluid (36) aus dem Schlitz auf die Fläche austritt und entlang der Fläche zu der Lippe strömt, wobei die Auftragvorrichtung das Beschichtungsfluid (34) auf das Trägerfluid aufträgt, während das Trägerfluid entlang der Fläche strömt, und wobei die Composite-Schicht entlang der Auslassvorrichtungs-Fläche zu der Lippe transportiert wird.

28.09.01

50

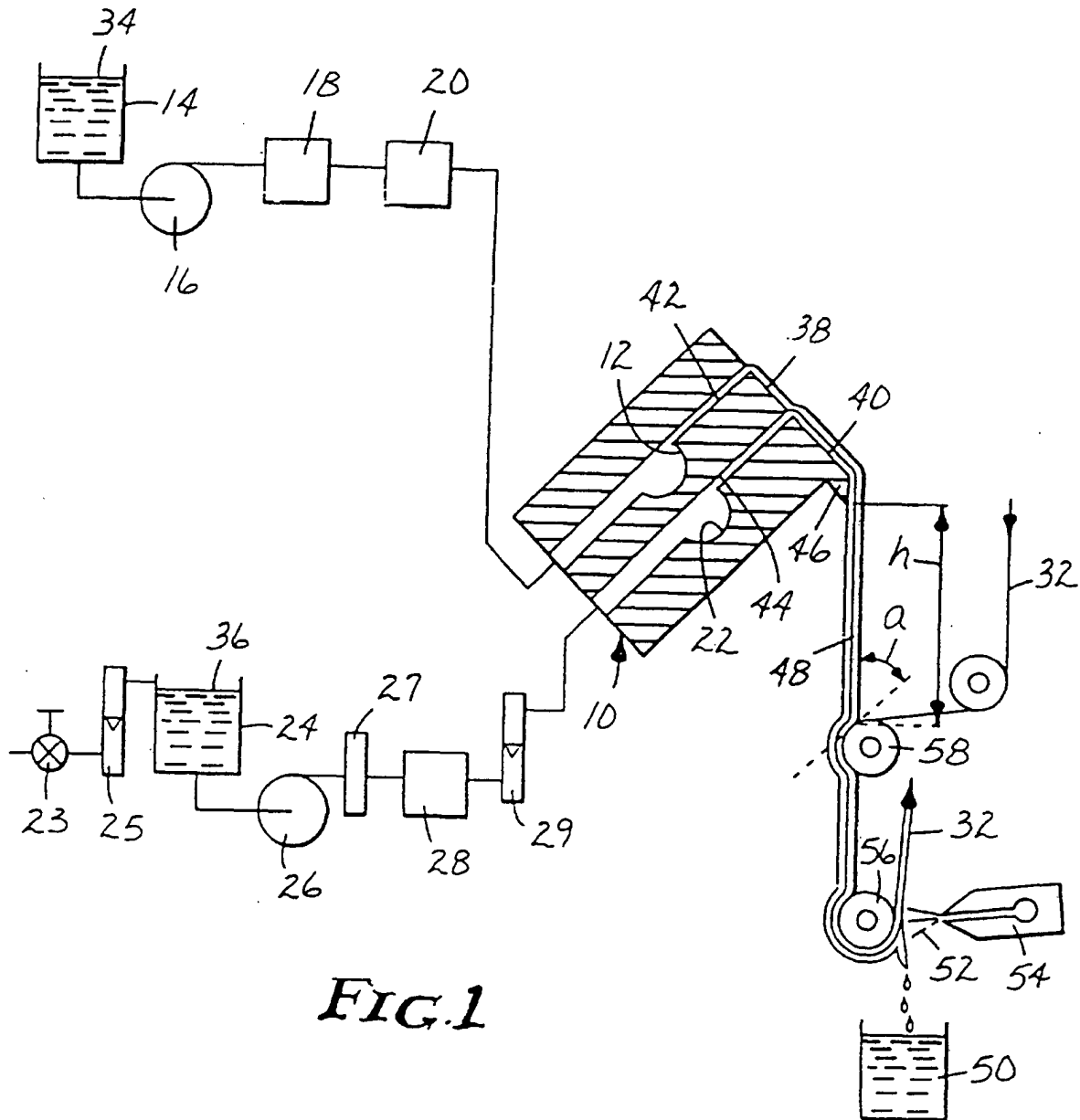


FIG. 1

28.09.01

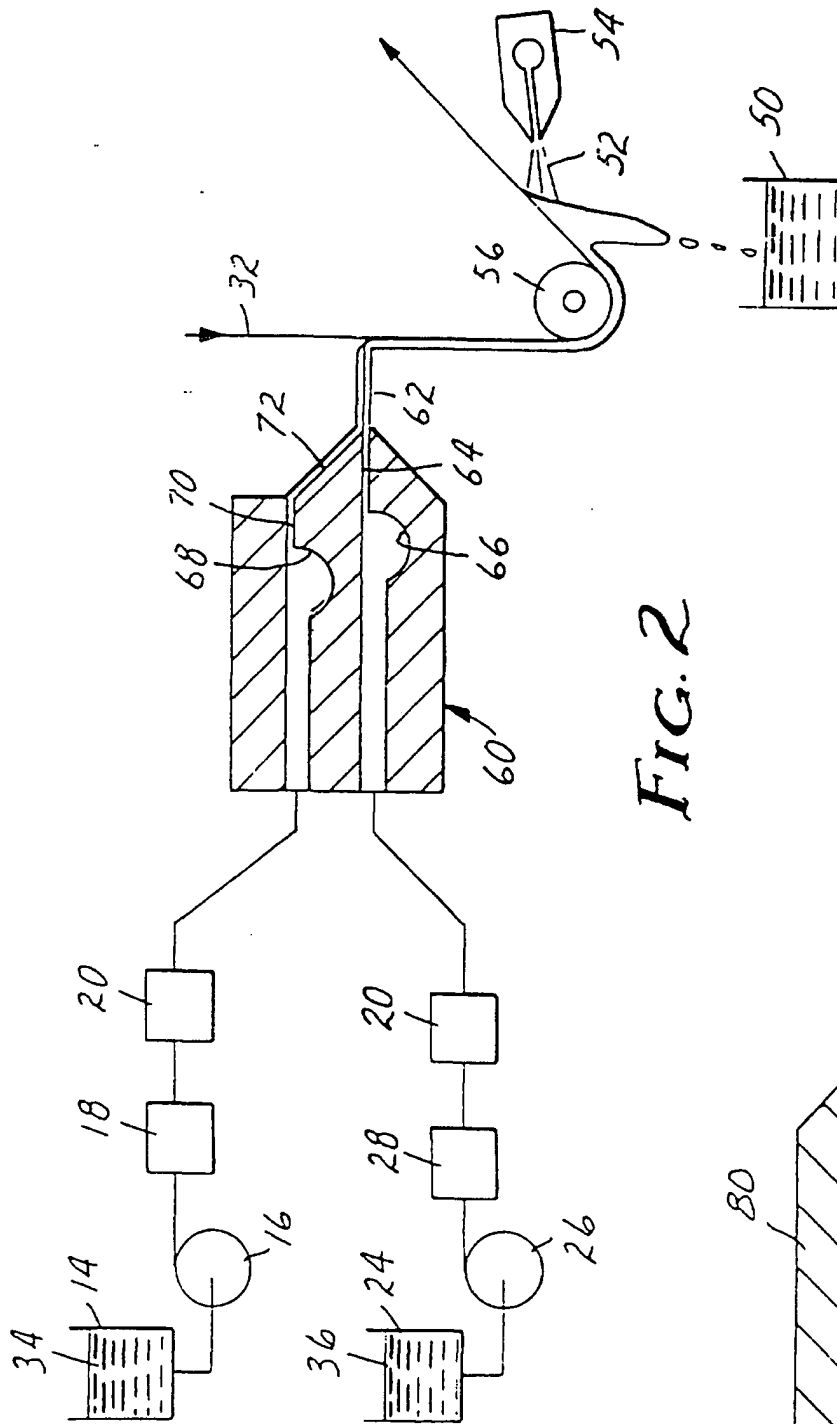


FIG. 2

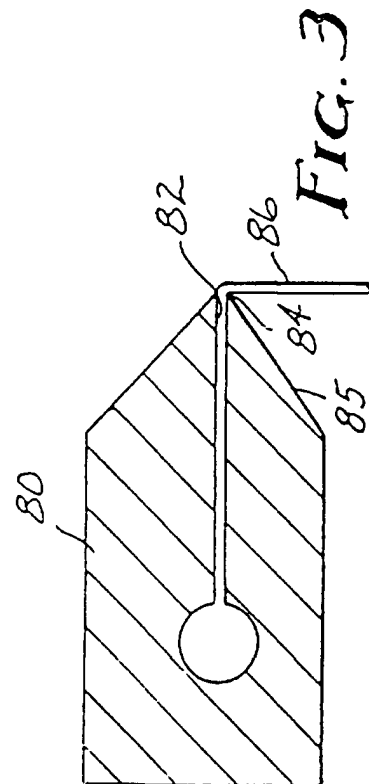
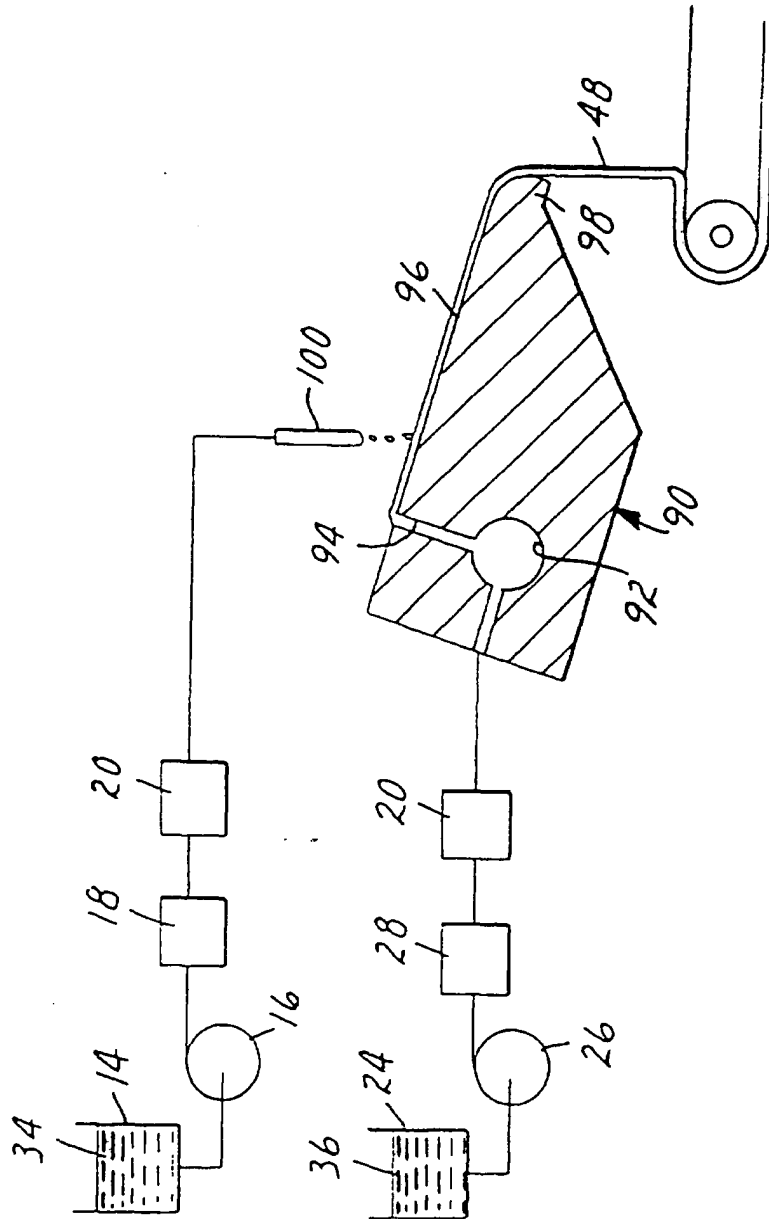


FIG. 3



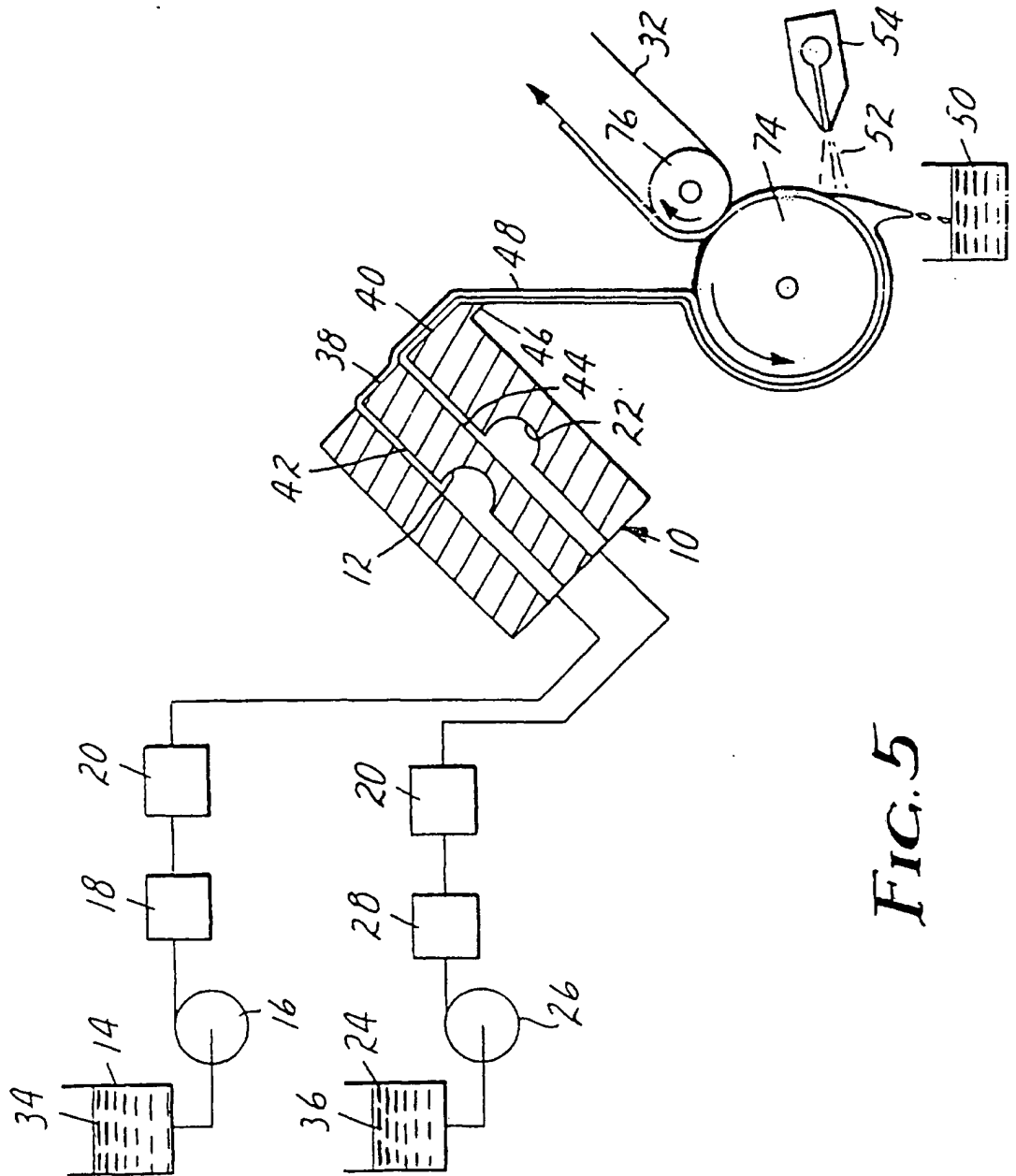


FIG. 5

25.09.01

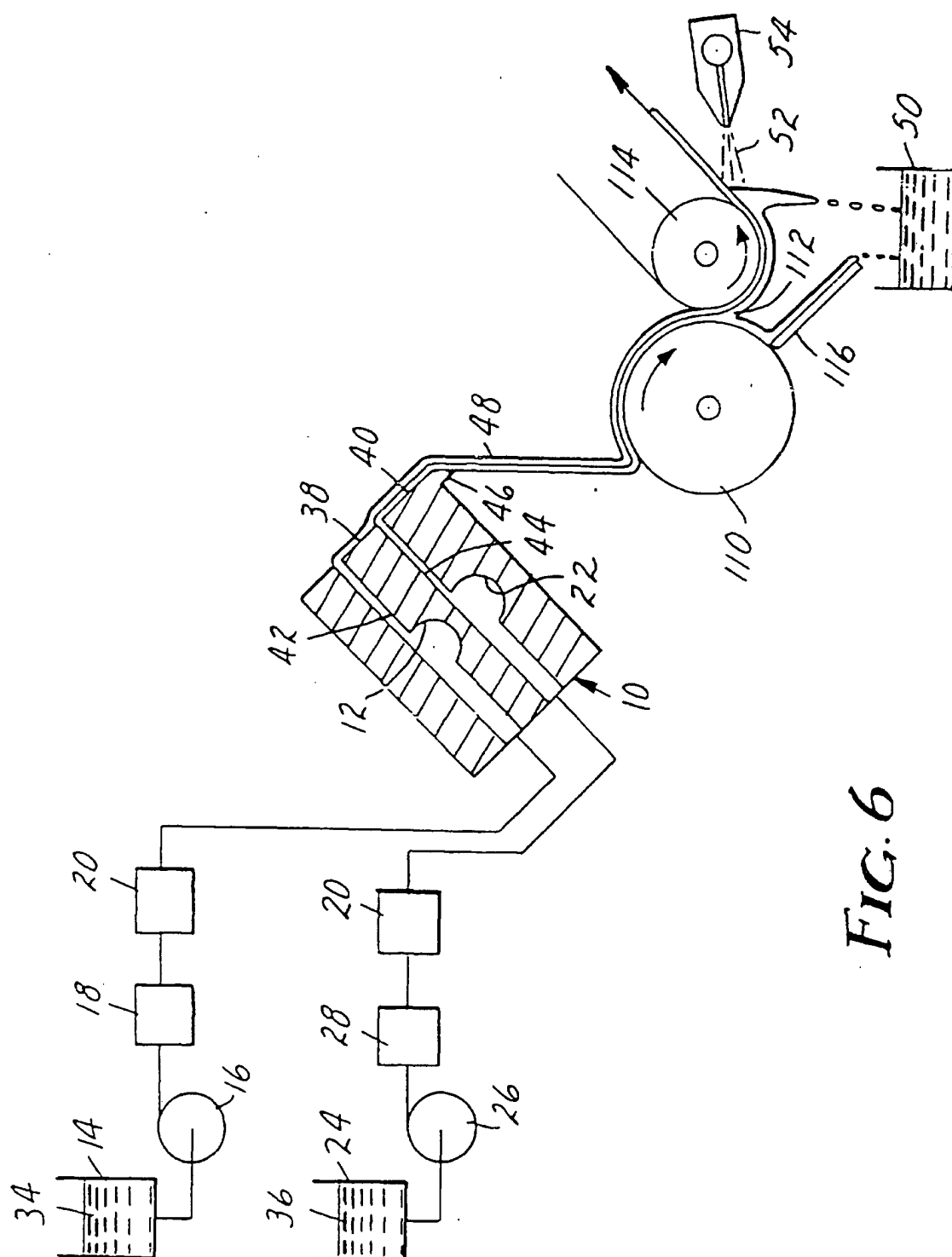


FIG. 6

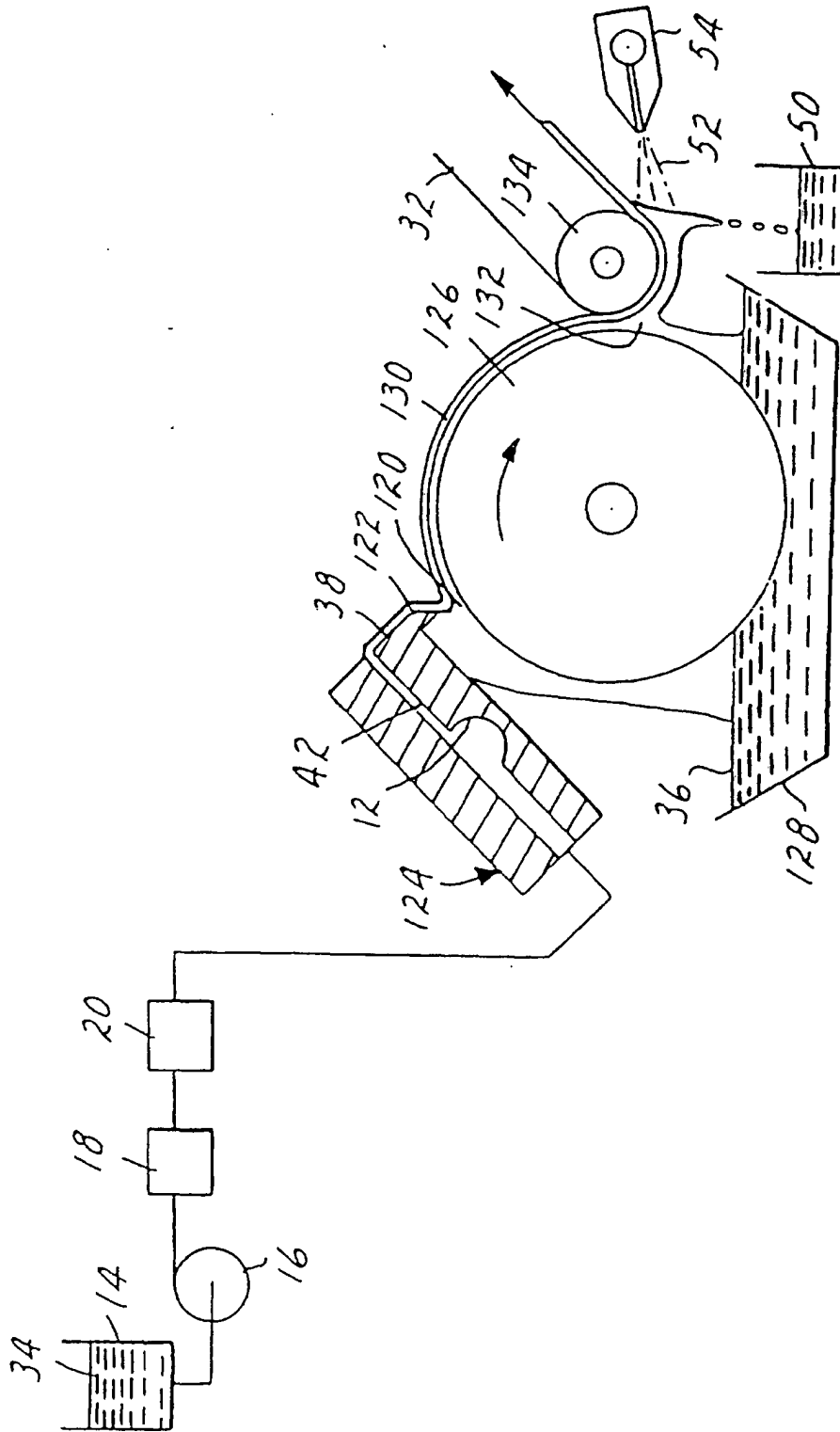


FIG. 7